Prevenção e Controle de Riscos no Ambiente de Trabalho: Poeira Suspensa no Ar

© Senac-SP 2007

Administração Regional do Senac no Estado de São Paulo

Gerência de Desenvolvimento 4
Cláudio Luiz de Souza Silva

Coordenação Técnica
Beatriz Amaral Furlaneto

Apoio Técnico
Andreza Gonçalves Matsumoto

Elaboração do Material Didático
Departamento de Proteção do Ambiente Humano
OMS – Organização Mundial da Saúde – Genebra 1999

Tradução
Gilmar da Cunha Trivelato

Editoração e Revisão
Globaltec Artes Gráficas

A ilustração da capa foi retirada da Rescue Mission: Planet Earth, © Peace Child International 1994;

© Organização Mundial da Saúde 1999

Este documento não foi editado para o público em geral e todos os direitos estão reservados à Organização Mundial da Saúde. O documento não pode ser revisto, resumido, citado, reproduzido ou traduzido, em parte ou no todo, sem a permissão prévia e por escrito da OMS. Nenhuma parte deste documento pode ser armazenada em sistema de recuperação de informação ou transmitida em qualquer forma ou por quaisquer meios – eletrônico, mecânico ou outro – sem a autorização prévia por escrito da OMS.

senac
são paulo

Prevenção e Controle de Riscos no Ambiente de Trabalho: Poeira Suspensa no Ar

senac
são paulo

2007

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE
Desenvolvimento Sustentável e Ambientes Saudáveis

Prevention And Control Exchange
PACE

Prevenção e Controle de Riscos no Ambiente de Trabalho: Poeira Suspensa no Ar

Proteção do Ambiente Humano

Séries em Saúde Ocupacional e Ambiental

Genebra, 1999

WHO/SDE/OEH/99.14

Prevention And Control Exchange (PACE)

(Permuta em Prevenção e Controle)

PREVENÇÃO E CONTROLE DE RISCOS NO AMBIENTE DE TRABALHO:

POEIRA SUSPENSA NO AR

Saúde Ocupacional e Ambiental

Departamento de Proteção do Ambiente Humano

Organização Mundial da Saúde

Genebra

Dezembro 1999.

Prevention And Control Exchange
PACE

Prevenção e controle de riscos no ambiente de trabalho:

POEIRA SUSPENSA NO AR

SUMÁRIO EXECUTIVO / 11

PREFÁCIO / 21

AGRADECIMENTOS / 25

CAPÍTULO 1 POEIRA: DEFINIÇÕES E CONCEITOS / 27
- 1.1 Poeira como fator de risco ocupacional / 28
- 1.2 Penetração e deposição de partículas no sistema respiratório humano / 29
- 1.3 Transporte de partículas [clearance] para fora do sistema respiratório / 32
  - 1.3.1 Transporte mucociliar [mucociliary clearance] / 32
  - 1.3.2 Movimento bronquiolar / 33
  - 1.3.3 Fagocitose / 33
- 1.4 Risco à saúde / 34
- 1.5 Frações por tamanho de partícula: convenções para tomada de amostra de poeira / 34
- 1.6. Mecanismos de geração e liberação de poeira / 35
  - 1.6.1 Fragmentação mecânica / 35
  - 1.6.2 Dispersão da poeira / 35
  - 1.6.3 Índices de pulverulência / 37

Referências para o Capítulo 1 / 39

CAPÍTULO 2 RECONHECIMENTO DO PROBLEMA: EXPOSIÇÃO E DOENÇA / 41
- 2.1 Exposições à poeira / 41
  - 2.1.1 Ocupações poeirentas / 42
  - 2.1.2 Processos poeirentos / 42
  - 2.1.3 Perigos especiais / 43
  - 2.1.4 Exemplos de exposição / 44
- 2.2 Problemas causados pela poeira / 45
  - 2.2.1 Vias de exposição / 45
  - 2.2.2 Efeitos potenciais à saúde por inalação / 46
  - 2.2.3 Pneumoconioses / 47
  - 2.2.4 Câncer / 49

2.2.5 Cardiopatias isquêmicas / 49
2.2.6 Intoxicação sistêmica / 50
2.2.7 Doença por exposição a metais duros / 50
2.2.8 Irritação e lesões pulmonares inflamatórias / 50
2.2.9 Respostas alérgicas ou de sensibilização / 50
2.2.10 Infecção (perigos biológicos) / 51
2.2.11 Outras fontes de informação relativas a efeitos à saúde / 52
2.3 Exemplos de prevalência de doenças relacionadas à poeira / 53
2.4 Segurança e outras questões / 55
2.4.1 Perigos de incêndio e explosão / 55
2.4.2 Outras questões / 56
Referências para o Capítulo 2 / 57

CAPÍTULO 3 CONTROLE DA POEIRA E BOA GESTÃO / 61
3.1 Considerações gerais / 61
3.2 Estabelecimento de programas de prevenção e controle de riscos / 63
3.3 Recursos exigidos / 64
3.4 Política clara e instrumentos de gestão / 65
3.5 Melhoria contínua / 66
3.6 Monitoração do desempenho / 67
3.6.1 Relevância geral de indicadores / 67
3.6.2 Relevância científica de indicadores / 67
3.6.3 Relevância para o usuário / 68
3.6.4 Vigilância da saúde / 68
3.6.5 Vigilância ambiental / 68
Referências para Capítulo 3 / 69

CAPÍTULO 4 RECONHECIMENTO E AVALIAÇÃO DO PROBLEMA: A ABORDAGEM SISTEMÁTICA / 70
4.1 Metodologia para o reconhecimento dos riscos / 70
4.2 Abordagem Pragmática / 73
4.2.1 Justificativa / 73
4.2.2 COSHH Essentials / 73
4.2.3 “Sílica Essentials” / 78
4.3 Avaliações quantitativas / 78
4.3.1 Objetivos / 78
4.3.2 Limites de exposição ocupacional / 79
4.3.3 Estratégia de amostragem / 81
4.3.4 Tomada de amostra por tamanho de partículas / 84
4.3.5 Equipamento de medição / 86
4.3.6 Princípios dos amostradores seletivos por tamanho de partícula / 86
4.4 Reavaliação / 88
4.5 Medição para o controle da poeira / 89
4.5.1 Em busca de fontes de poeira / 89
4.5.2 Instrumentos de leitura direta / 89
4.5.3 Amostragem estacionária ou de área / 90
4.5.4 Técnicas visuais / 90
4.6 Recursos / 92
Referências para o Capítulo 4 / 93

CAPÍTULO 5. ABORDAGENS E ESTRATÉGIAS DE CONTROLE / 96
5.1 Abordagens para soluções relativas aos riscos ocupacionais / 96
5.2 A necessidade de uma abordagem estratégica / 97
5.3 Classificação como um apoio à estratégia / 99
5.4 Opções de controle / 99
5.5 Ação preventiva antecipada / 101
5.6 Questões especiais / 103
5.6.1 Trabalho de manutenção e reparo / 103
5.6.2 Emergências / 104
Referências para o Capítulo 5 / 105

CAPÍTULO 6 CONTROLE DE FONTES DE POEIRA / 106
6.1 Eliminação / 106
6.2 Substituição de materiais (natureza, forma) / 107
6.3 Problemas de substituição / 108
6.4 Substituição de areia de sílica em jateamento abrasivo / 109
6.5 Forma física / 110
6.6 Modificação de processo e equipamento / 110
6.7 Métodos úmidos / 112
6.8 Manutenção de equipamentos / 115
Referências para o Capítulo 6 / 116

CAPÍTULO 7 CONTROLE NA TRANSMISSÃO DA POEIRA / 117
7.1 Contenção (ou isolamento) e enclausuramentos / 117
7.2 Princípios de ventilação / 118
7.3 Ventilação geral / 119
7.4 Ventilação local exaustora / 122
7.4.1 Projeto do sistema / 123
7.4.2 Captura da poeira / 124
7.4.3 Captores de exaustão / 126
7.4.4 Dutos / 130
7.4.5 Ventiladores / 132
7.4.6 Ar de reposição / 132
7.4.7 Cabines com fluxo descendente / 133
7.4.8 Resumo dos elementos-chave da ventilação local exaustora / 133
7.5 Inspeção e testes de sistemas de ventilação / 140
7.6 Limpeza da ventilação exaustora / 141
7.6.1 Câmaras de sedimentação gravitacionais / 142
7.6.2 Ciclones / 143
7.6.3 Precipitadores eletrostáticos (ESPs) / 143
7.6.4 Filtros de tecido (filtros de manga) / 143
7.6.5 Lavadores de gases / 144
7.6.6 Seleção de coletores de poeira / 144
Referências para o Capítulo 7 / 148

CAPÍTULO 8 O PAPEL DO TRABALHADOR: PRÁTICAS DE TRABALHO E PROTEÇÃO INDIVIDUAL / 150

8.1 Práticas de trabalho / 150

8.2 Educação, instrução e comunicação de riscos / 152

8.3 Percepção dos problemas de poeira / 153

8.4 Equipamentos de proteção individual (EPI) / 154

8.4.1 Equipamento de proteção respiratória (EPR) / 155

8.4.2 Roupa de proteção e controle da exposição / 159

8.5 Higiene pessoal e do vestuário / 161

8.6 Vigilância da saúde / 161

Referências para o Capítulo 8 / 163

CAPÍTULO 9 ORDEM E LIMPEZA E ASSUNTOS RELACIONADOS / 164

9.1 Ordem e limpeza adequados / 164

9.2 Armazenamento / 166

9.3 Rotulagem / 166

9.4 Sinais de advertência e áreas restritas / 167

Referência para o Capítulo 9 / 169

CAPÍTULO 10 PROTEÇÃO AMBIENTAL / 170

10.1 Questões gerais / 170

10.2 Estratégias / 171

10.3 Informações adicionais / 172

Referências para o Capítulo 10 / 173

CAPÍTULO 11 FONTES DE INFORMAÇÃO / 174

11.1 Agências internacionais / 174

11.1.1 Organização Mundial da Saúde (OMS) / 174

11.1.2 Organização Internacional do Trabalho (OIT) [International Labour Office (ILO)] / 175

11.1.3 Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) / 177

11.1.4 Programa Internacional de Segurança Química (IPCS) / 178

11.2 Organizações nacionais / 179

11.2.1 National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) / 179

11.2.2 Health and Safety Executive (HSE) / 180

11.2.3 Institut National de Recherche et de Securité (INRS), França / 181

11.2.4 National Institute for Working Life (NIWL), Suécia / 181

11.2.5 Canadian Centre for Occupational Health and Safety (CCOHS) / 181

11.3 Organizações profissionais / 182

11.4 Livros, relatórios e CD-ROMs / 182

11.5 Publicações periódicas / 184

11.5.1 Resumos [abstracts] / 184

11.5.2 Revistas científicas / 184

11.5.3 Outros recursos na Internet / 185

Referência para o Capítulo 11 / 187

ANEXO I LISTA DE PARTICIPANTES NA CONSULTA DA OMS / 188

ANEXO II LACUNAS DE CONHECIMENTO E RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS / 194
- II.1 Fundamentação / 194
- II.2 Tópicos de pesquisa / 195
  - A. Estratégia de controle e desenvolvimento / 195
  - B. Minimização da exposição / 195
  - C. Desenvolvimento de medidas de controle / 196
  - D. Questões gerenciais / 196
  - E. Questões relativas a respiradores / 197
- II.3 Comunicação e incentivos profissionais / 197

ANEXO III O PROCESSO DE PRODUÇÃO COMO UMA FONTE DE PERIGO PARA FINS DE CONTROLE / 198
- III.1 Processo / 198
- III.2 Funções da produção / 199
- III.3 Do fator de risco ao processo / 200
- III.4 Do fator de risco às soluções via processo / 202
- Referências para o Anexo III / 205

ANEXO IV ESTUDOS DE CASO / 206
- IV.1 Objetivo / 206
- IV.2 Formato padrão recomendado para estudos de caso / 206
- IV.3 Exemplos de estudos de caso / 208
  - IV.3.1 Exemplo da literatura / 208
  - IV.3.2 Controle de poeira para uma pequena mina de tungstênio / 209
    - IV.3.2 1 Introdução / 209
    - IV.3.2 2 Medidas de controle / 210
    - IV.3.2 3 Efetividade de medidas de controle simples e abrangente / 211
    - IV.3.2 4 Medidas complementares / 212
- Referência para o Anexo IV / 216

SUMÁRIO EXECUTIVO[1]

PROPÓSITO

Os contaminantes atmosféricos podem ocorrer na forma gasosa (gases e vapores) ou como aerossóis, que incluem poeiras suspensas no ar, *spray*, névoas, fumaças e fumo. As poeiras suspensas no ar são de interesse especial porque estão associadas a doenças pulmonares ocupacionais endêmicas e clássicas, como as pneumoconioses, intoxicações sistêmicas, através de intoxicação por chumbo, especialmente em níveis elevados de exposição. Existe também interesse crescente em outras doenças relacionadas a poeiras, como câncer, asma, alveolite alérgica e irritação, assim como uma ampla faixa de enfermidades não-respiratórias, que podem ocorrer em níveis de exposição muito mais baixos. Por essas razões este documento foi produzido para auxiliar no controle da poeira e na redução de doenças.

Sempre que as pessoas inalam poeira suspensa no ar no local trabalho, elas estão sob risco de doença ocupacional. Ano após ano, tanto em países desenvolvidos como naqueles em desenvolvimento, as exposições excessivas a poeiras têm causado doenças, incapacidades temporárias ou permanentes e mortes. As poeiras no local de trabalho também podem contaminar e reduzir a qualidade dos produtos, ser causa de incêndio e explosão, além de prejudicar o ambiente.

Enquanto uma questão de justiça social, o sofrimento humano relacionado ao trabalho é inaceitável. Além disso, a carga de doenças profissionais e doenças relacionadas ao trabalho pode resultar em perdas financeiras apreciáveis para os sistemas nacionais de saúde e seguridade social, assim como influenciar negativamente a produção e a qualidade de produtos. Todas essas conseqüências adversas, economicamente dispendiosas para empregadores e para a sociedade, são evitáveis através de medidas conhecidas há muito tempo e, freqüentemente, de baixo custo.

O objetivo deste documento é ajudar na formação e instrução de pessoas para a prevenção e controle de poeira no local de trabalho. Ele também tem a finalidade de motivar empregadores e trabalhadores a colaborar entre si, respaldados por profissionais de saúde, para a prevenção de efeitos adversos causados por poeira no local de trabalho. Certamente, a poeira é mais um entre os vários fatores de risco do local de trabalho, que inclui outros aerossóis (tais como fumos e névoas), gases e vapores, agentes físicos e biológicos, assim como fatores ergonômicos e estressores psicossociais.

[1] Preparado por T. L. Ogden

RECONHECIMENTO DO PROBLEMA

Definições e exemplos

Poeiras são partículas sólidas cujo tamanho varia na faixa de 1 μm até aproximadamente 100 μm. Elas podem estar ou tornar-se dispersas no ar, dependendo de suas origens, características físicas e condições ambientais. Este documento não trata especificamente de outros aerossóis (tais como fumos e névoas), que apresentam partículas muito finas resultantes de reações químicas no ar, ou da poluição do ar fora do local de trabalho. Entretanto, em muitos casos, princípios de controle similares se aplicam tanto a esses tipos de particulados como a poeiras.

Exemplos de poeiras perigosas ou nocivas no local de trabalho incluem:

- poeiras minerais resultantes da extração e processamento de minerais (estes freqüentemente contêm sílica, que é particularmente perigosa);
- poeiras metálicas, tais como chumbo e cádmio e seus compostos;
- outras poeiras químicas, como produtos químicos e pesticidas a granel;
- poeiras vegetais, a exemplo da madeira, farinha, algodão, chá e pólens;
- fungos e esporos.

O amianto é uma fibra mineral, particularmente perigosa, encontrada, por exemplo, na manutenção e demolição de edifícios onde ele tenha sido usado como material isolante.

Frações por tamanho de partícula

Em higiene ocupacional, o tamanho de partícula geralmente é descrito em termos do diâmetro aerodinâmico, que é a medida das propriedades aerodinâmicas da partícula. O fato de uma partícula suspensa no ar ser ou não ser inalada depende do seu tamanho aerodinâmico, da velocidade do ar circundante e da taxa de respiração das pessoas. Como as partículas se deslocam no sistema respiratório para diferentes regiões dos pulmões, e onde elas provavelmente se depositam, depende do tamanho aerodinâmico da partícula, das dimensões das vias aéreas e do padrão respiratório. Se uma partícula é solúvel, ela pode se dissolver em qualquer parte em que se deposite, e assim seus componentes podem alcançar a corrente sanguínea e outros órgãos e causar doenças. Este é o caso, por exemplo, de certos tóxicos sistêmicos, como o chumbo. Existem partículas que não se dissolvem, mas podem causar reações locais que conduzem à doença; neste caso, o local de deposição faz a diferença. Quando uma partícula relativamente grande é inalada (por exemplo, 30 μm), ela geralmente se deposita no nariz ou nas vias aéreas superiores. Já uma partícula mais fina pode alcançar a região de troca gasosa nas profundezas dos pulmões, onde os mecanismos de remoção são menos eficientes. Certas substâncias, se depositadas nessa região, podem causar doenças sérias; por exemplo, a sílica cristalina livre causa silicose. Quanto menor for o tamanho aerodinâmico maior será a probabilidade de que uma partícula penetre

profundamente no sistema respiratório. É pouco provável que partículas com diâmetro aerodinâmico > 10 μm alcancem a região de troca gasosa, mas a proporção de partículas abaixo desse tamanho que alcança essa região aumenta à medida que o diâmetro diminui até cerca de 2 μm.

A profundidade que uma fibra penetra no pulmão depende principalmente do seu diâmetro aerodinâmico, não de seu comprimento. Em conseqüência disto, fibras tão longas quanto 100 μm têm sido encontradas nos espaços pulmonares do sistema respiratório.

Toda vez que a poeira suspensa no ar precisa ser avaliada quantitativamente, devem ser usados instrumentos que selecionem a faixa de tamanho correta para o risco considerado. Existem convenções para faixas de tamanho de partículas a serem medidas. É usual coletar tanto frações inaláveis, i.e. (tudo que está para ser inalado), como a fração respirável, i.e. (as partículas que provavelmente alcançarão a região pulmonar de troca gasosa). Por exemplo, se a sílica estiver presente, é necessário medir a fração respirável da poeira suspensa no ar.

Geração de poeira

As poeiras minerais são geradas a partir das rochas que lhe dão origem por qualquer processo de fragmentação, e as poeiras vegetais são produzidas por qualquer tratamento de secagem. A quantidade e, por conseguinte a concentração atmosférica, provavelmente depende da energia colocada no processo. O movimento do ar ao redor, no interior ou na parte externa de um material granular ou em pó irá dispersar poeira. Assim, os métodos de manuseio de materiais a granel, tais como o enchimento ou esvaziamento de sacos ou transferência de matérias de um lugar a outro, podem constituir fontes apreciáveis de poeira. Material não refinado ou grosso geralmente tem componentes da dimensão de poeira resultantes do processo de atrito. Se nuvens de poeiras são vistas no ar, é quase certo que também existe poeira de tamanhos potencialmente nocivos. Entretanto, mesmo se nenhuma nuvem de poeira é visível, ainda pode existir concentrações nocivas de poeiras que apresentam tamanho de partícula invisível ao olho nu em condições normais de iluminação.

A não ser que sua geração seja evitada ou ela seja removida do ar, a poeira pode se mover junto com o ar do ambiente e alcançar até mesmo pessoas que estejam distantes da fonte e cuja exposição é insuspeita.

Fontes de exposição

Os processos de trabalho que geralmente geram poeira, são:

- mineração, exploração de pedreira, escavação de túnel, trabalho de alvenaria com pedra; construção, e qualquer outro processo que quebra ou separa material sólido;
- fundições ou outros processos metalúrgicos, especialmente a limpeza de peças fundidas ou a quebra de moldes;

- qualquer processo que use jato abrasivo, tais como a remoção de tinta e ferrugem, limpeza de edifícios e pequenos objetos, gravação de vidros (N.B., uso de areia para esses processos freqüentemente não é necessário e, se não for controlado, pode causar sérios danos à saúde, e mesmo fatalidades, entre os operadores, mesmo em poucos meses);
- fabricação de vidro e cerâmica;
- manuseio de produtos químicos em pó nas indústrias químicas, de pesticidas, farmacêuticas; e produção de borracha;
- trabalho na agricultura envolvendo exposição ao solo, pecuária intensiva, produtos vegetais secos, ou agro-químicos;
- processamento de alimentos, especialmente onde se usa farinha;
- qualquer processo envolvendo pesagem, ensacamento, esvaziamento de sacos ou transporte a seco de materiais em pó ou friáveis.

Incêndio e Explosão

Este documento diz respeito à prevenção de doenças. Entretanto, riscos à segurança (que apresentam perigo imediato de acidente) não podem ser negligenciados. Qualquer poeira combustível suspensa no ar, em concentrações suficientes, pode explodir. Uma poeira combustível sobre o piso pode tornar-se suspensa no ar e aumentar e propagar uma explosão iniciada pela ignição de um gás inflamável. Isto pode ocorrer com materiais vegetais ou orgânicos, assim como com metais e outras poeiras oxidáveis. A eletricidade estática também pode constituir um fator de risco. As medidas preventivas incluem ordem e limpeza adequadas para evitar a formação de depósitos de poeira, prevenção de ignição, fornecimento de válvulas de alívio de explosão, pulverização com poeiras não-inflamáveis, e confinamento de ambientes deficientes de oxigênio.

Reconhecimento e Avaliação do Problema

Se qualquer processo poeirento estiver sendo realizado, deve ser feita uma avaliação para estabelecer se pessoas estão sob risco em conseqüência da exposição à poeira. Isso exige observar sistematicamente o local de trabalho para verificar se existe ou não um problema e, em termos gerais, o que deve ser feito para evitar o risco. A avaliação deve determinar, entre outros fatores, quais materiais perigosos ou nocivos estão em uso, em que quantidades, o quanto de poeira de cada fração pode se tornar suspensa no ar e resultar em exposição. Deve-se conduzir um levantamento inicial percorrendo o local de trabalho. Os controles existentes devem ser examinados para determinar sua efetividade, e deve ser considerada a necessidade eventual de outros controles ou de controles adicionais. Os procedimentos de manutenção e limpeza precisam ser examinados para assegurar que são efetivos e não dão origem à exposição excessiva. O local onde estão os trabalhadores e a organização de suas tarefas devem ser considerados, tendo em vista a localização e a natureza das fontes de poeira. O nível de formação e informação da força de trabalho também deve ser avaliado.

Deve ser garantido que a administração favoreça práticas de trabalho que reduzam ou eliminem a poeira. A orientação da parte de profissionais competentes, preferencialmente higienistas ocupacionais, deve ser procurada. Isso é indispensável ao se lidar com situações complicadas, ou com substâncias perigosas.

O levantamento preliminar não incluirá medição detalhada, embora equipamentos de leitura direta possam ser usados para se obter um quadro aproximado dos riscos existentes. Riscos óbvios e evitáveis podem ser tratados imediatamente. Para isso, já existem esquemas que utilizam informações básicas sobre as substâncias e seus usos visando decidir que tipos de controles são apropriados.

As avaliações quantitativas de poeira suspensa no ar podem ser realizadas por várias razões, for exemplo: avaliar a exposição dos trabalhadores em relação a um padrão adotado; determinar a necessidade de medidas de controle, ou avaliar a efetividade das estratégias de controle já existentes.

Os resultados das avaliações quantitativas geralmente são comparados aos limites de exposição ocupacional tanto do respectivo país como de uma agência internacional, ou de alguma outra autoridade. A estratégia e os métodos de avaliação devem ser aqueles declarados por essa autoridade. A determinação das concentrações de poeira no ar às quais os trabalhadores estão expostos envolve a amostragem do ar e análise posterior da amostra de poeira coletada por um método químico, gravimétrico ou por microscopia.

A tomada de amostra para avaliação da exposição usualmente é conduzida por meio de amostrador individual, preso ao trabalhador, constituído por uma bomba (que movimenta o ar) e por um dispositivo de coleta localizado na zona respiratória do trabalhador. O dispositivo de coleta é formado por um suporte de filtro, que contém um filtro onde a amostra de poeira é retida, precedido por um pré-coletor para separar a fração de interesse. Os dispositivos de coleta devem ser projetados para coletar tanto a fração inalável quanto a respirável. A exposição média do trabalhador durante a jornada ou parte dela pode ser então estimada como está declarada nos limites de exposição.

Outros tipos de medições podem ser úteis para compreender a origem da poeira, ou em quais momentos do ciclo de trabalho ela está sendo emitida. Essas medidas podem ser realizadas com instrumentos de leitura direta de resposta rápida, mas existem também meios mais simples, tais como técnicas de acompanhar o espalhamento da luz (lâmpada de poeira) para iluminar a poeira, ou tubos de fumaça para traçar o movimento do ar. Estes meios podem ser tudo o de que se precisa. Também existem sistemas que combinam captação da imagem em vídeo com medições da concentração da poeira, permitindo a visualização das variações da exposição enquanto o trabalhador executa suas tarefas. Isto pode ser útil para avaliar a efetividade de sistemas de controle e também para comparar diferentes opções de medidas de controle (e.g. ventilação exaustora ou métodos úmidos).

Se uma situação não for satisfatória, devem ser formuladas e implementadas estratégias de controle, tal como será discutido nos próximos capítulos. Posteriormente, a situação deve ser reavaliada e um programa de reavaliação periódica deve ser planejado e executado.

ABORDAGENS E ESTRATÉGIAS DE CONTROLE

A prevenção de riscos ocupacionais é muito mais efetiva e usualmente mais barata se for considerada no estágio de planejamento de qualquer processo ou local de trabalho, ao invés de soluções de controle para situações de risco já existentes. Isto se aplica em primeiro lugar no planejamento de novos processos ou fábricas para assegurar que substâncias perigosas sejam usadas somente se for necessário. Se elas realmente forem necessárias, então as emissões internas ou externas ao local de trabalho, assim como a geração de resíduos, devem ser minimizadas, considerando-se todo o ciclo de vida do processo e dos produtos. O local de trabalho e a tarefa devem ser planejados de modo que as exposições nocivas sejam evitadas ou mantidas a um mínimo aceitável. Incentivos devem recompensar práticas de trabalho que minimizem exposições. As mesmas considerações devem ser empregadas na introdução de novos processos e procedimentos, ou na modificação daqueles já existentes. A ordem de prioridade deve ser:

(1) Eliminar a exposição no momento da elaboração do projeto, não utilizando substâncias perigosas ou utilizando-as de tal maneira que ninguém fique exposto a elas;

(2) Se (1) não for possível eliminar completamente a exposição, prevenir ou minimizar a emissão de substâncias no ar, ou a presença de trabalhadores nas vizinhanças;

(3) Se não for possível prevenir a exposição por qualquer outro método, fornecer então, se necessário, equipamentos de proteção individual para os trabalhadores e outras pessoas, incluindo equipamento de proteção respiratória (EPR).

É essencial planejar adequadamente a supervisão e a manutenção, de forma a assegurar que as medidas de controle sejam usadas e continuem a ser eficazes. O controle da exposição no local de trabalho deve ser integrado a outras medidas, como o controle das emissões para a atmosfera, corpos de água e a disposição de resíduos; de tal forma que todas essas medidas funcionem em conjunto (naturalmente, a eliminação de substâncias perigosas evita todos esses problemas). De maneira similar, o controle de qualquer substância perigosa no local de trabalho deve ser parte de um sistema integrado de controle que abranja outros fatores de risco, tais como ruído e calor, assim como o planejamento ergonômico das tarefas e postos de trabalho.

O controle da exposição a poeiras, ao lado de outras medidas de segurança, saúde e proteção ambiental, deve ser uma prioridade chave para a alta administração e os trabalhadores devem ser continuamente conscientizados de que isso é uma prioridade da administração. Sistemas de incentivo para supervisores e trabalhadores devem ser planejados de forma a encorajar procedimentos seguros e não apenas a produtividade.

Medidas de prevenção e controle não devem ser aplicadas de maneira *ad hoc*, mas integradas em programas abrangentes, bem administrados e sustentáveis no âmbito do local de trabalho, envolvendo a administração, os trabalhadores, os profissionais da produção e os de saúde ocupacional.

ELIMINAÇÃO NA FONTE

A eliminação na fonte pode envolver três diferentes itens: o processo de produção, a substância perigosa e as práticas de trabalho. O processo de produção pode ser mudado pela aplicação de um método de produção que gere menos poeira. Essa é uma abordagem sensata no estágio de elaboração do projeto de um processo de produção ou quando as linhas de produção são mudadas devido à introdução de novas linhas de produto.

Uma substância perigosa ou nociva pode ser eliminada pela mudança do processo de tal forma que a substância não seja mais necessária, ou pelo uso de uma outra menos perigosa ou nociva. Evidentemente é necessário avaliar todos os efeitos da mudança, levando-se em consideração outros fatores de risco, tais como ruído e outros efeitos sobre o desempenho do produto, particularmente os efeitos sobre sua segurança. Se as substancias forem mudadas, torna-se necessário avaliar e controlar qualquer novo risco eventual.

Se a substituição não for possível, devem ser procurados outros meios para reduzir a geração de poeira. Por exemplo, as substâncias podem ser usadas na forma de pelotas ou em suspensão líquida e não na forma de pós, ou, trazidas na forma de blocos pré-formados ao invés de serem cortadas no local de trabalho. É provável que qualquer método úmido resulte em menor exposição à poeira do que outros a seco. Na quebra e perfuração, é muito mais efetivo molhar a substância no ponto de geração da poeira do que tentar capturar a poeira já formada e suspensa no ar com borrifos de água. Além disso, é necessário prevenir a secagem completa do material pulverulento, os eventuais perigos de escorregões devidos a superfícies molhadas, os perigos elétricos e o estresse térmico em conseqüência do aumento da umidade. Também é necessário planejar o tratamento adequado de qualquer efluente líquido contaminado que vier a ser gerado.

CONTENÇÃO E VENTILAÇÃO

A contenção consiste em colocar uma barreira física entre a substância e as pessoas, por exemplo, colocar um processo dentro de uma caixa. Usualmente é necessário ter um sistema de ventilação que mantenha o enclausuramento sob pressão negativa de tal forma que não exista emissão em fendas ou em pontos onde o material se movimenta para dentro ou para fora do enclausuramento. O projeto deve ser concebido de forma que a manutenção e a limpeza possam ser realizadas sem que resultem em exposição elevada. Devem ser previstas possíveis falhas que possam induzir os trabalhadores a abrir o sistema enclausurado.

Pode ser satisfatório enclausurar parcialmente um processo, por exemplo, colocando-se uma abertura na parte frontal de um sistema enclausurado para que o trabalhador possa ter acesso à zona de trabalho, mas o trabalhador nunca deve ter a zona respiratória situada entre a fonte do contaminante e o captor. Um projeto eficaz é difícil porque o fluxo de ar na abertura deve ser suficiente para prevenir o escape de material suspenso no ar, inclusive quando as pessoas se movimentam através da abertura.

A ventilação local exaustora é a remoção de contaminantes atmosféricos, próximo às suas fontes de geração ou liberação, antes que eles possam se espalhar e alcançar a zona respiratória do trabalhador. Para isso, é necessário assegurar que o fluxo de ar seja suficiente e sua direção apropriada, particularmente onde o processo gera movimento de ar, tais como rebolos ou processos quentes. Para o mesmo volume de exaustão a velocidade do ar que está sendo puxada em direção à abertura do captor decresce rapidamente com a distância (a partir da abertura). Considerando que uma velocidade de ar mínima é requerida para assegurar a captura do contaminante atmosférico, conclui-se que o captor deve estar o mais próximo possível do ponto de geração da poeira.

Usualmente, a ventilação geral é desejável para controlar a temperatura e a umidade do ambiente. Um sistema projetado adequadamente pode funcionar como um controle extra da exposição a contaminantes atmosféricos, proporcionando diluição contínua de qualquer emissão acidental. Em certos casos, a ventilação geral pode ser usada para controlar contaminantes de baixa toxicidade amplamente disseminados.

A ventilação deve ser projetada de tal forma que os movimentos de pessoas, veículos, ou fechamento de portas e janelas não possam comprometer a sua eficácia. O projeto de sistemas de ventilação deve ser sempre de responsabilidade de profissionais especialmente capacitados. A tarefa é particularmente difícil onde um único ventilador faz a exaustão a partir de um conjunto de dutos e captores (sistema multi-captores). É fácil organizar de forma não intencional um sistema de modo que muito pouco ar seja exaurido a partir de uma ou mais aberturas, ou projetar inadequadamente um sistema de dutos de forma que apresente uma resistência desnecessariamente alta para fluir. O projeto de uma rede de dutos deve levar em conta a necessidade de limpeza (o que pode envolver a exposição da equipe de limpeza) e o efeito abrasivo da poeira.

É essencial que os administradores assegurem a inspeção continuada e efetiva e um programa de manutenção de modo que os sistemas de ventilação continuem a funcionar tal como foram projetados e para que os trabalhadores estejam adequadamente informados e instruídos sobre seu uso.

É necessário assegurar que a ventilação não movimente o ar contaminado na direção de trabalhadores não expostos e que substâncias perigosas não sejam descarregadas no ambiente geral de uma forma não planejada e indesejável. Ao lidar com contaminantes tóxicos, os dispositivos de purificação do ar devem ser incorporados aos sistemas de ventilação para prevenir sua descarga para o ambiente externo, e também prevenir sua re-circulação no local de trabalho. A disposição de poeiras tóxicas coletadas deve ser feita de tal forma que minimize a exposição de trabalhadores responsáveis por essa tarefa e evite impactos ambientais.

PRÁTICAS DE TRABALHO

A maneira pela qual um trabalhador executa sua tarefa pode afetar apreciavelmente a exposição e, portanto, é importante instruir os trabalhadores em boas práticas de trabalho. O registro das tarefas em vídeo, com medição simultânea das concentrações atmosféricas, pode ser um instrumento útil para planejar e instruir práticas de trabalho adequadas. No caso de poeiras, pode ser eficaz (e mais barato) usar uma lâmpada de poeira para tornar a poeira visível, e usar isto em combinação com a filmagem em vídeo. As práticas de trabalho que podem afetar a exposição incluem:

- a maneira pela qual os recipientes são manuseados e as tampas removidas;
- o cuidado tomado ao se transferir materiais pulverulentos;
- a rapidez do trabalho;
- a forma pela qual recipientes vazios são manuseados.

Se o material oferece a possibilidade de ser ingerido devem ser proibidos os hábitos de fumar, comer e beber no local de trabalho. Tais atividades devem ser restritas a áreas designadas com instalações adequadas para higiene pessoal. Cuidados pessoais, incluindo escovação de dentes, lavagem das mãos e limpeza das unhas, tomar banhos e lavar os cabelos, antes das refeições e depois do trabalho, são medidas importantes sempre que existir a possibilidade de contaminação por poeira. Os trabalhadores devem ser instruídos apropriadamente sobre os perigos e os riscos relacionados às substâncias usadas, as medidas de controle, e qualquer monitoração da exposição. Os trabalhadores, freqüentemente, são as pessoas que têm conhecimento mais completo do que ocorre durante o trabalho, e devem ser ouvidos sobre o que conduz às exposições e à efetividade do controle.

MEDIDAS PESSOAIS

Todas as tentativas devem ser feitas para evitar ou minimizar exposições por outros métodos antes de se recorrer ao uso de equipamentos de proteção individual (EPI), especialmente equipamento de proteção respiratória (EPR). Um respirador, particularmente do tipo máscara facial, não é fácil de ser usado por longos períodos. Ele pode ser desconfortável, especialmente em condições quentes e apertadas, e os trabalhadores podem ser tentados a removê-lo. Além disso, a poeira suspensa no ar e não controlada pode se espalhar e afetar pessoas que estão distantes da tarefa e, portanto, é melhor prevenir a ocorrência da exposição à poeira. Outro problema é que o EPI é falível e pode não proporcionar a proteção presumida. Além disso, ele não oferece proteção ambiental. Finalmente, os EPIs e especialmente o EPR devem ser adequadamente limpos e mantidos para que permaneçam eficazes, freqüentemente tornando-os uma opção cara. A manutenção deficiente torna qualquer EPI ineficaz.

Apesar disso existem algumas operações, tais como limpeza e manutenção, onde o EPR é o único método de controle prático. É muito importante que tal equipamento seja selecionado por pessoal treinado, considerando todo e qualquer tipo de material perigoso que ele

estará destinado a proteger, a natureza do trabalho, a exposição esperada e as características faciais dos usuários. O ajuste adequado é de suprema importância. Os trabalhadores, os supervisores e a equipe de manutenção devem ser instruídos de forma apropriada sobre o uso, a manutenção e as limitações do equipamento.

As tarefas para as quais se recomenda o uso de EPI devem ser reavaliadas periodicamente para verificar se outras medidas de controle tornaram-se aplicáveis. Luvas e outro tipo de proteção para a pele são necessários, se a poeira constitui um fator de risco em conseqüência da sua absorção através da pele, por ingestão, ou quando ela pode ter um efeito direto sobre a pele.

As substâncias devem ser adquiridas somente de fornecedores que rotulam adequadamente os recipientes e que fornecem fichas adequadas de dados de segurança do material[2]. Um sistema de gestão deve assegurar que a informação necessária seja repassada a todos aqueles que possam estar potencialmente expostos. As áreas nas quais existe a necessidade do uso de EPI, ou de outras precauções, devem ser claramente indicadas com sinais de advertência.

A roupa de trabalho não deve permitir o acúmulo de poeira e os problemas da poeira retida em bolsos e sapatos devem ser verificados. A lavagem das roupas contaminadas com materiais tóxicos deve ser feita de forma segura, sob condições controladas, mas nunca nas residências dos trabalhadores.

PROTEÇÃO AMBIENTAL

Os sistemas de prevenção e controle devem ser projetados para proteger tanto a saúde dos trabalhadores como o ambiente em geral. As conseqüências ambientais incluem o efeito de partículas finas na visibilidade atmosférica, danos em edificações, efeitos sobre a vegetação e animais e efeitos sobre saúde de pessoas fora da planta industrial. Assim como ocorre no local de trabalho, a primeira prioridade é prevenir a geração da poeira suspensa no ar e, se a geração não pode ser evitada, a segunda prioridade deve ser a sua remoção. As medidas que minimizem a geração de resíduos devem ser priorizadas e qualquer disposição de resíduo inevitável deve ser planejada para se prevenir danos ambientais.

[2] MSDS em inglês ou FISPQ em português [nota do tradutor].

PREFÁCIO[3]

Doenças ocupacionais e deterioração da saúde podem ocorrer todos os dias por todo o mundo devido à falta ou inadequação de medidas de controle no local de trabalho.

O trabalho é indispensável para o indivíduo, para a sociedade, e para o desenvolvimento das nações. Desafortunadamente, processos e operações de trabalho são, com freqüência associados a agentes nocivos e estressores – tais como produtos químicos, poeiras minerais e vegetais, ruído, calor, radiação, microorganismos, fatores ergonômicos e psicossociais – os quais, se não forem controlados, poderão eventualmente conduzir a efeitos adversos à saúde e ao bem-estar dos trabalhadores. Inúmeros agentes podem ultrapassar o local de trabalho e causar danos ambientais.

A profissão que tem como finalidade identificar antecipadamente, reconhecer, avaliar e controlar tais agentes e fatores do local de trabalho é a higiene ocupacional. Os agentes que ocorrem como contaminantes atmosféricos – incluindo gases, vapores, fumos, névoas e poeiras – podem ocorrer em qualquer combinação.

Os higienistas ocupacionais devem olhar o ambiente de trabalho e os trabalhadores como um todo. Todos os agentes e fatores que podem resultar em qualquer exposição nociva devem ser avaliados com uma visão de preveni-los ou controlá-los. Entretanto, este documento está focado em apenas um agente – *poeira suspensa no ar.* Ele não abrange outros aerossóis e, mesmo na categoria de poeiras, ele não trata de materiais radioativos porque estes exigem abordagens preventivas muito especializadas. Este documento tem a intenção de contribuir para a disseminação apenas de um aspecto do conhecimento e experiência abrangentes que são necessários para assegurar um ambiente e uma força de trabalho saudáveis.

Enquanto uma questão de justiça social, o sofrimento humano significativo relacionado ao trabalho é inaceitável. Ramazzini disse, cerca de 300 anos atrás: "é um lucro infeliz aquele que é obtido à custa da saúde dos trabalhadores..." Um outro aspecto a ser considerado é que agentes e fatores nocivos existentes no local de trabalho freqüentemente resultam em apreciável perda financeira devido à carga sobre os sistemas de saúde e seguridade social, ao impacto negativo sobre a produção e aos custos ambientais associados. As pessoas não deveriam sofrer tais efeitos danosos e os países não podem arcar com as despesas que deles decorrem (Goelzer, 1996).

Muitos estudos têm demonstrado que as doenças ocupacionais constituem sérios problemas de saúde e econômicos para as nações. Deve ser lembrado que muitos casos de doenças ocupacionais nunca são diagnosticados e/ou notificados como tais. Na América Latina, por exemplo, estima-se que somente 1-4% das doenças ocupacionais são devidamente notificadas (PAHO, 1998). É muito freqüente que sinais e sintomas claramente relacionados à exposição ocupacional, tais como silicose avançada, sejam observados entre trabalhadores que nunca fizeram queixas relacionadas ao trabalho.

[3] Preparado por B. Goelzer

Outro exemplo de sub-notificação foi fornecido por um estudo realizado em um hospital brasileiro, envolvendo 3.440 pacientes com tuberculose e entre eles 119 tinham sílico-tuberculose. Esses 119 pacientes, que haviam sido previamente diagnosticados somente como portadores de tuberculose, tinham trabalhado em perfuração e polimento de pedras (pedreira de granito), jateamento com areia, fundições e em indústrias de cerâmica e vidros (Mendes, 1978).

Se o vasto conhecimento disponível sobre prevenção e controle de riscos for corretamente aplicado a tempo, as exposições a agentes perigosos e os efeitos nocivos associados poderiam ser evitados ou enormemente reduzidos. Alice Hamilton, médica e higienista ocupacional pioneira, disse "... **obviamente, a forma de combater silicose é prevenir a formação e a propagação da poeira**..."

Um exemplo clássico é o caso da indústria de corte de granito de Vermont: por volta do início do século XX, foram introduzidas ferramentas pneumáticas que geravam quantidades de poeira suspensa no ar (contendo sílica cristalina livre) muito maiores do que aquelas que eram geradas previamente por ferramentas de corte manuais. Esse acontecimento foi seguido por um aumento dramático na taxa de mortalidade que inicialmente foi atribuído à tuberculose e, mais tarde, verificou-se que se tratava de silicose. No final da década de 1930, ventilação local exaustora foi introduzida e a silicose desapareceu gradualmente até ser virtualmente erradicada nessas pedreiras de Vermont por volta de 1967 (Burgess et al., 1989). Outro exemplo é a mineração de carvão australiana, na qual não tem sido encontrado nenhum caso novo de pneumoconiose entre mineradores dessa importante indústria nos últimos 10 anos, devido à exigência de se cumprir os limites de exposição ocupacional estabelecidos. Estudos realizados em diferentes países têm mostrado declínios na taxa de prevalência de doença ocupacional respiratória como resultado da introdução de medidas de controle da poeira (Lee, 1997; Uragoda, 1997).

Infelizmente, o conhecimento disponível sobre prevenção e controle de riscos ainda não é adequada e universalmente aplicado. Por exemplo, embora a silicose seja conhecida há séculos, a exposição a poeiras contendo sílica livre cristalina permanece não controlada em inúmeros locais de trabalho em todas as partes do mundo, principalmente e não exclusivamente em países em desenvolvimento, resultando ainda em casos dessa doença evitável, semelhantes àqueles descritos em um "livro didático".

É freqüente acontecer que mais recursos sejam alocados no tratamento das conseqüências da exposição ocupacional prejudicial do que na prevenção das mesmas.

Mesmo em países onde a higiene ocupacional é bem desenvolvida, completamente entendida e amplamente praticada, ainda existe a necessidade de se promover a prevenção e o controle de riscos. Isto é bem ilustrado por um estudo realizado nos EUA que estimou os custos a longo prazo das pneumoconioses de mineradores de carvão ("doença do pulmão preto"), em termos dos custos relativos ao pagamento de benefícios previdenciários[4] no

[4] A expressão "compensation costs" ,usada nos EUA foi traduzida como custos com o pagamento de benefícios previdenciários por acidente ou doença profissional ou relacionada ao trabalho, utilizada no Brasil. [Nota do tradutor]

período de 1991-2010. Para esse mesmo período esperava-se que as despesas da agência norte-americana com pesquisa sobre controle de poeira seriam da ordem de somente 0,44% dos custos projetados para o pagamento de benefícios previdenciários (Page et al, 1997). A partir desses dados pode-se imaginar o desequilíbrio que deve ocorrer em outras partes do mundo!

Há uma necessidade global de se aplicar efetivamente o conhecimento existente em estratégias preventivas no local de trabalho que sejam apropriadas. Tal como é dito em um provérbio Zen: "**Conhecer e não aplicar é o mesmo que não conhecer**".

Afim de contribuir para uma aplicação maior e mais efetiva do conhecimento técnico e científico sobre prevenção e controle de riscos, o programa de saúde ocupacional da Organização Mundial da Saúde lançou a iniciativa "**P**revention **A**nd **C**ontrol **E**xchange" (**PACE**)[5] (Swuste et al, 1994), com os seguintes objetivos em longo prazo:

- promover a consciência e a vontade política no que diz respeito à necessidade da prevenção e controle como um elemento prioritário dos programas de saúde ocupacional;
- fortalecer ou desenvolver, a nível nacional, capacidades técnicas e gerenciais para a utilização de abordagens bem sucedidas para a prevenção e controle de riscos à saúde no local de trabalho, integradas em programas eficientes e sustentáveis, enfatizando a ação preventiva antecipada, o controle na fonte, as práticas de trabalho seguras, a participação dos trabalhadores e a proteção ambiental.

As atividades que foram pensadas para o alcance desses objetivos se apóiam basicamente na conscientização, nas trocas de informações, no desenvolvimento de recursos humanos e na promoção da pesquisa aplicada em soluções de controle que sejam pragmáticas e também possam ser aplicadas em empreendimentos de pequeno porte. Acredita-se que os resultados de tais atividades, disseminadas em âmbito mundial, irão contribuir para a proteção da saúde dos trabalhadores e do meio ambiente, assim como para o desenvolvimento sustentável. O primeiro passo foi preparar e distribuir amplamente o documento PACE para tomadores de decisão em diferentes níveis (WHO, 1995a).

Deve ser mencionado que a Organização Mundial da Saúde, em parceria com sua rede de Centros Colaboradores para a Saúde Ocupacional, desenvolveu a "Estratégia Global sobre Saúde Ocupacional para Todos" (WHO, 1995b), com o propósito de identificar as principais necessidades e estabelecer prioridades para a ação, tanto no âmbito de países como no nível global, assim como despertar a consciência e o compromisso político necessários ao desenvolvimento de serviços de saúde ocupacional adequados por meio de coordenação inter-setorial e de colaboração internacional. Os princípios-chave recomendados para as políticas internacionais e nacionais em saúde ocupacional incluem entre outros: evitação de fatores de risco (prevenção primária); tecnologia segura; otimização das condições de trabalho; e integração da produção com atividades de segurança e saúde.

[5] Manteve-se o título original do programa cuja tradução em Português seria "Intercâmbio em Prevenção e Controle" [Nota do tradutor].

Outra iniciativa internacional que ainda deve ser mencionada é o "Programa Internacional da OIT/OMS sobre a Eliminação Global da Silicose", lançado em 1995, em resposta às necessidades claramente demonstradas pela prevalência, em todo o mundo dessa doença ocupacional séria. Esse programa inclui a formulação de planos de ação nos âmbitos nacional, regional e global; a mobilização de recursos e o fortalecimento de capacidades necessárias para o estabelecimento de programas nacionais eficientes, envolvendo a aplicação da prevenção primária e secundária, assim como a vigilância epidemiológica, monitoração e avaliação dos resultados. Esse programa irá depender, em grande parte, da cooperação entre os governos, instituições e diferentes organizações (do comércio, de empregadores, não-governamentais, profissionais), tanto em países industrializados quanto aqueles em desenvolvimento, e agências internacionais.

Tendo em vista a magnitude da exposição ocupacional à poeira e a necessidade aguda de se aumentar à ação preventiva a esse respeito, a atividade "**Prevenção e Controle de Riscos no Local de Trabalho – Poeira Suspensa no Ar**" foi lançada como um componente da iniciativa PACE. Essa atividade, que é altamente relevante tanto para a "Estratégia Global sobre Saúde Ocupacional para Todos" como para o "Programa Internacional da OIT/OMS sobre a Eliminação Global da Silicose", tem os seguintes objetivos a longo prazo: "**promover e fortalecer as capacidades nacionais no campo da prevenção e controle da exposição a poeiras no local de trabalho, através da contribuição para o desenvolvimento de recursos humanos necessários**."

Os passos iniciais envolvem a preparação de materiais educacionais, especialmente este documento[6], e vídeos ilustrando e comparando princípios preventivos através da técnica de "visualização", tais como o "Picture Mix Exposure – PIMEX" (Rosén, 1993) e espalhamento da luz.

O público alvo para esses materiais educativos são principalmente os higienistas ocupacionais em formação. Entretanto, o objetivo é também contribuir para as atividades de educação continuada, incluindo outros profissionais de segurança e saúde ocupacional envolvidos com problemas de poeira, assim como os gerentes de segurança e saúde ocupacional, engenheiros de ventilação, engenheiros de produção e *designers* [projetistas] de processos.

O objetivo deste documento é fornecer orientação geral e ilustrar aspectos importantes a serem considerados para que sejam alcançados níveis aceitáveis de controle de poeira. Para que uma abordagem de controle seja bem sucedida ela necessita ter as seguintes características:

- comprometimento da administração e dos trabalhadores com o objetivo de controlar a exposição à poeira e eliminar a doença ocupacional e outros efeitos adversos resultantes da exposição;
- reconhecimento e aceitação dos problemas relativos à poeira;
- capacidade para estimar a magnitude do problema;

[6] Funcionário responsável por este documento na OMS: Berenice I. F. Goelzer, Higienista Ocupacional, Occupational and Environmental Health (OEH), Department of Protection of the Human Environment (PHE), World Health Organization, 1211 Geneva 27, Switzerland

- compreensão dos princípios e das opções de controle;
- planejamento e implementação de medidas de prevenção e controle efetivas;
- estabelecimento de programas preventivos sustentáveis, incluindo mecanismos para a avaliação e melhoria contínuas.

Os diferentes capítulos deste documento apresentam: definições sobre poeira e mecanismos de geração; ilustrações da exposição ocupacional a poeiras e dos problemas resultantes, particularmente os efeitos à saúde; princípios para o reconhecimento e avaliação dos problemas relativos a poeiras no local de trabalho; princípios e estratégias preventivas; medidas específicas para controlar a poeira na fonte, como: substituição e controle da poeira na propagação a partir da fonte até aos trabalhadores, incluindo medidas de engenharia (e.g., ventilação exaustora) e medidas pessoais (e.g., práticas de trabalho e proteção individual). A importância de se integrar medidas específicas em programas sustentáveis de prevenção e controle é enfatizada, incluindo de que modo os procedimentos de gestão têm impacto sobre o controle da poeira. A relação com a proteção ambiental é discutida, e a orientação é fornecida sobre onde podem ser encontradas informações adicionais.

Este documento foi discutido por um grupo de especialistas durante uma Consulta promovida pela OMS (veja Anexo I), que também identificou lacunas de conhecimento e fez recomendações para pesquisas posteriores (Anexo II). O Anexo III apresenta uma análise do processo de produção com o propósito de controlá-lo. O Anexo IV apresenta estudos de caso, incluindo a proposta de um formato. Seria de grande valia que novos estudos de caso sobre o assunto fossem enviados à OMS, para disseminação por todo o mundo.

Agradecimentos

A primeira minuta deste documento foi preparada por B. Goelzer, com assistência de A. D. Phillips e P. Swuste. Posteriormente foi discutida com vários especialistas da área que contribuíram com comentários. As contribuições dos participantes da Consulta feita pela OMS (Anexo I) são particularmente reconhecidas. A edição técnica final foi feita por T. L. Ogden.

A Consulta feita pela OMS foi financiada sob um acordo de cooperação com o National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH, USA).

Referências para o prefácio

Burgess, W. A; Ellenbecker, M. J.; Treitman, R.T. (1989). *Ventilation for Control of the Work Environment*. John Wiley and Sons, New York, USA. ISBN 047-1892-19X.

Goelzer, B. (1996). The 1996 William P. Yant Award Lecture: The Harmonized Development of Occupational Hygiene – a Need in Developing Countries. *American Industrial Hygiene Association Journal* 57: 984.

Lee, H. S. (1997). Eradication of the silicosis problem in Singapore. *Asian-Pacific Newsletter on Occupational Health and Safety* 4 (2):40-41.

Mendes, R. (1978). Epidemiologia da Silicose na Região Sudeste do Brasil. Tese de Doutorado apresentada à Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, Brasil.

Page, S. J.; Organiscak, J. A.; Lichtman, K. (1997). The cost of respirable coal mine dust: an analysis based on new black lung claims. *Applied Occupational and Environmental Hygiene* 12 (12):832-839.

PAHO (1998). Health Conditions in the Americas. PAHO/WHO, Washington, D.C., USA.

Rosén, G. (1993). PIMEX – combined use of air sampling instruments and video filming: experience and results during six years of use. *Applied Occupational and Environmental Hygiene* 8 (4):344-347.

Swuste, P.; Corn, M.; Goelzer, B. (1994). Hazard Prevention and Control in the Workplace – report of a WHO meeting. *Occupational Hygiene* 1:325-328.

Uragoda, C. G. (1977). An investigation into the health of kapok workers. *British Journal of Industrial Medicine*, 34:181-185.

WHO (1995a). Prevention and Control Exchange (PACE) – A Document for Decision Makers. WHO/OC./95.3, World Health Organization, Geneva, Switzerland.

WHO (1995b). Global Strategy on Occupational Health for All. World Health Organization, Geneva, Switzerland.

CAPÍTULO 1
POEIRA: DEFINIÇÕES E CONCEITOS

Os contaminantes atmosféricos podem ocorrer na forma gasosa (gases e vapores) ou como aerossóis. Na terminologia científica, um aerossol é definido como um sistema de partículas suspensas num meio gasoso que, no contexto da higiene ocupacional, usualmente é o ar. Os aerossóis podem existir na forma de poeira suspensas no ar, *spray*, névoa, fumaça e fumos. No cenário ocupacional, todas essas formas podem ser importantes porque elas estão relacionadas a uma ampla faixa de doenças ocupacionais. Poeiras suspensas no ar são de interesse particular porque são bem conhecidas por estarem associadas a doenças pulmonares ocupacionais endêmicas e clássicas tais como as pneumoconioses, a intoxicações sistêmicas tais como a intoxicação por chumbo, especialmente em níveis de exposição elevados, etc. Mas, na era moderna, também existe interesse crescente em outras doenças relacionadas a poeiras, tais como câncer, asma, alveolite alérgica e irritação, assim como em toda uma faixa de doenças não respiratórias que podem ocorrer em níveis de exposição muito mais baixos. Este documento tem como objetivo auxiliar a reduzir o risco dessas doenças ajudando a melhorar o controle da poeira no local de trabalho.

O primeiro passo no controle de riscos, considerado fundamental, é reconhecê-los. A abordagem sistemática para o reconhecimento está descrita no Capítulo 4. Mas o reconhecimento requer uma compreensão clara da natureza, origem, mecanismos de geração e liberação e das fontes das partículas, e também o conhecimento das condições de exposição e dos efeitos nocivos possivelmente associados. Isso é essencial para estabelecer as prioridades para a ação e selecionar as estratégias de controle apropriadas. Além disso, o controle efetivo e permanente de perigos específicos, como a poeira, necessita de uma abordagem de gestão adequada no local de trabalho. Por essa razão, os Capítulos 1 e 2 tratam das propriedades da poeira e de como ela causa doenças. O Capítulo 3 discute o relacionamento entre práticas de gestão e controle da poeira.

1.1 Poeira como fator de risco ocupacional

De acordo com a *International Standardization Organization* [Organização Internacional de Normatização] (ISO 4225 – ISO, 1994), '*Poeira: partículas sólidas pequenas, convencionalmente consideradas como sendo aquelas partículas abaixo de 75 μm de diâmetro, que sedimentam sob ação do próprio peso, mas permanecem suspensas no ar por algum tempo"*. De acordo com o *Glossary of Atmospheric Chemistry Terms* [Glossário de Termos de Química Atmosférica] (IUPAC, 1990), "*Poeira: partículas sólidas, pequenas e secas, projetadas no ar por forças naturais, como o vento, erupção vulcânica, e por processos mecânicos ou devidos à ação humana [man-made] tais como esmagamento, polimento, moagem, perfuração, demolição, escavação, transporte, peneiramento, ensacamento e varredura. Partículas de poeira usualmente se situam na faixa de tamanho que vai de 1 a 100 μm de diâmetro, e se sedimentam vagarosamente sob a influência da gravidade.*"

Entretanto, ao se referir ao tamanho da partícula de poeira suspensa no ar, o termo "diâmetro de partícula" tomado isoladamente é uma simplificação excessiva, uma vez que o tamanho geométrico de uma partícula não explica completamente como ela se comporta no seu estado de suspensão no ar. Por essa razão, a medida mais apropriada para o tamanho de partícula, para a maioria das situações em higiene ocupacional, é **o diâmetro aerodinâmico da partícula**, definido como **"o diâmetro de uma esfera hipotética de densidade 1 g/cm^3 que possui a mesma velocidade de sedimentação terminal em ar calmo que a partícula em questão, independentemente de seu tamanho geométrico, forma ou densidade verdadeira."** O diâmetro aerodinâmico definido dessa forma é mais apropriado porque está estreitamente relacionado à habilidade de uma partícula em penetrar e se depositar nos diferentes locais do sistema respiratório, e também ao transporte da partícula na amostragem de aerossol e dispositivos de filtração. Existem outras definições para tamanho de partícula que estão relacionadas, por exemplo, ao comportamento das partículas à medida que elas se movem por difusão ou sob a influência de forças elétricas. Mas essas definições geralmente são de importância secundária no que de fato interessa sobre a poeira suspensa no ar no local de trabalho.

Na ciência do aerossol, geralmente é aceito que as partículas com diâmetro aerodinâmico $> 50\ \mu$m usualmente não permanecem suspensas no ar por muito tempo: elas têm velocidade de sedimentação terminal > 7 cm/s. Entretanto, dependendo das condições, mesmo as partículas maiores que 100 μm podem tornar-se suspensas no ar, mas raramente permanecem. Além disso, freqüentemente são encontradas partículas de poeira com dimensões consideravelmente menores que 1 μm e, por isso, a sedimentação devida à gravidade é desprezível para todos os fins práticos. A velocidade terminal de uma partícula de 1 μm é de cerca de 0,03 mm/s, de forma que o movimento no ar é mais importante que a sedimentação completa. Entretanto, de forma resumida no presente contexto, considera-se que *poeiras são partículas sólidas, variando de tamanho desde menos que 1 μm até pelo menos 100 μm, as quais podem estar ou tornar-se suspensas no ar, dependendo da origem dessas partículas, das suas características físicas e das condições ambientais.*

Exemplos de tipos de poeira encontrada no ambiente de trabalho incluem:

- **poeiras minerais**, tais como aquelas contendo sílica cristalina livre (e.g., como quartzo), poeiras de carvão e cimento;
- **poeiras metálicas,** tais como poeiras de chumbo, cádmio, níquel e berílio;
- **poeiras de outros produtos químicos,** e.g., vários produtos químicos e pesticidas a granel;
- **poeiras vegetais e orgânicas,** tais como poeiras de farinha, madeira, algodão, chá e pólens;
- **perigos biológicos,** tais como partículas viáveis, fungos e esporos.

As poeiras não são geradas apenas por processos de trabalho, mas também podem ocorrer naturalmente, e. g., pólens, cinzas vulcânicas, tempestades de areia.

Tem sido mostrado que poeiras na forma de fibras, tais como o amianto e outros materiais semelhantes, apresentam problemas especiais à saúde principalmente relacionados à forma das partículas. No que diz respeito à saúde, as partículas com diâmetro $< 3\ \mu$m, comprimento $> 5\ \mu$m, e razão comprimento-largura maior ou igual a 3:1, são classificadas como "fibras" (WHO, 1997). Exemplos de fibras incluem o amianto (compreendendo dois grupos de minerais: as serpentinas, e.g., crisotila, e os anfibólios, e. g. crocidolita – "amianto azul"). Outros exemplos incluem materiais fibrosos sintéticos tais como lã mineral (lã de rocha) e lã de vidro, assim como fibras de cerâmica, de *aramid*, de *nylon*, de carbono e de carbeto de silício.

Embora o termo "poeira suspensa no ar" seja usado em higiene ocupacional, no campo correlato da higiene ambiental, no que diz respeito à poluição do ambiente atmosférico geral, o termo "material particulado em suspensão" é freqüentemente preferido.

O comportamento aerodinâmico das partículas suspensas no ar é muito importante em todas as áreas de medição e controle da exposição à poeira. Informações detalhadas, incluindo propriedades físicas, podem ser encontradas na literatura especializada da ciência dos aerossóis (Green and Lane, 1964; Fuchs, 1964; Hinds, 1982; Vicent, 1989 e 1985; Willeke and Baron, 1993).

1.2 Penetração e deposição de partículas no sistema respiratório humano

Para melhor compreensão desta seção, uma representação esquemática do sistema respiratório está apresentada na Figura 1-1, indicando as diferentes regiões, denominadas nasofaringe (ou região extra-toráxica), região traqueobrônquica e região alveolar.

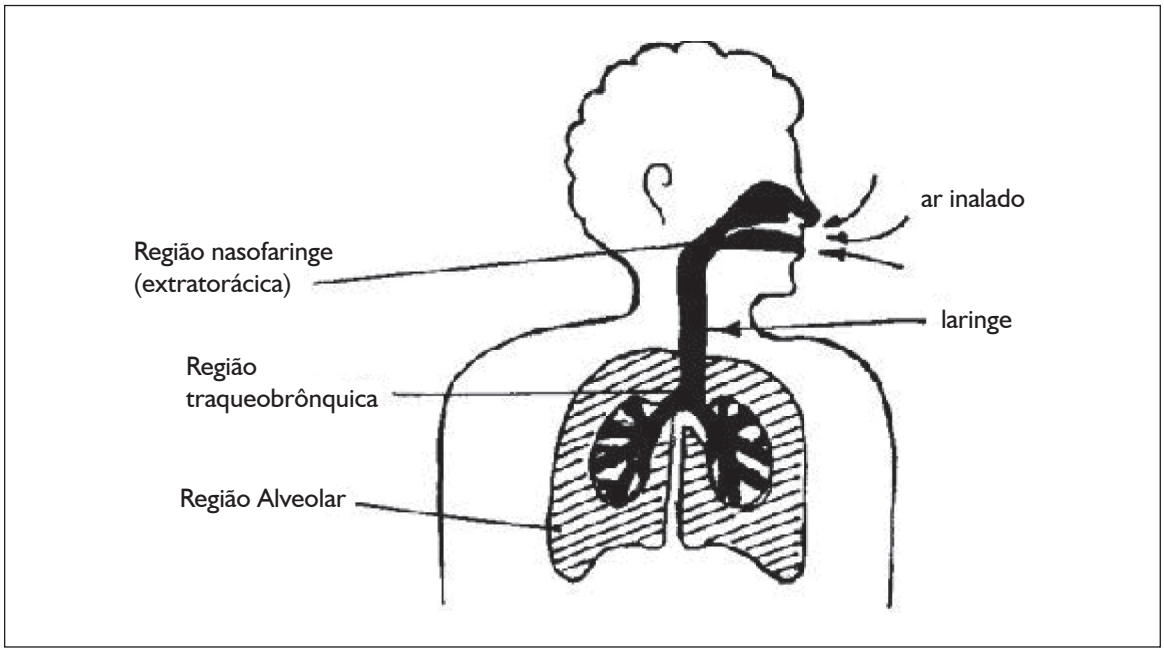


Figura 1-1 – Representação esquemática do sistema respiratório humano

As partículas suficientemente pequenas para permanecerem suspensas no ar podem ser **inaladas** através do nariz (via nasal) ou pela boca (via oral). A probabilidade de inalação depende do tamanho aerodinâmico da partícula, do movimento do ar em volta do corpo e da taxa de respiração. As partículas inaladas tanto podem ser depositadas ou exaladas, dependendo de um conjunto de fatores fisiológicos e relacionados à partícula. Os cinco **mecanismos de deposição** são: sedimentação, impactação inercial, difusão (significativa somente para partículas muito pequenas $< 0{,}5\ \mu$m), interceptação e deposição eletrostática. A sedimentação e a impactação são os mecanismos mais importantes relacionados à poeira suspensa no ar inalada, e esses processos são governados pelo tamanho aerodinâmico da partícula. Existem grandes diferenças entre indivíduos quanto à quantidade depositada em diferentes regiões (Lippmann, 1977).

As maiores partículas inaladas, com tamanho aerodinâmico maior que cerca de 30 μm, são depositadas nas vias respiratórias na região da cabeça, isto é, nas passagens de ar entre o ponto de entrada nos lábios ou narinas e a laringe. Durante a respiração nasal, as partículas são depositadas no nariz por filtração, retidas nos pêlos nasais e, por impactação, quando o ar muda de direção. A retenção após a deposição é auxiliada pelo muco que reveste o nariz. Na maioria dos casos, a via nasal é um filtro de partículas mais eficiente que a via oral, especialmente a taxas de fluxo baixas ou moderadas. Portanto, para as pessoas que normalmente respiram parte ou todo o tempo através da boca, espera-se que tenham mais partículas alcançando os pulmões – e ficando lá depositadas – do que aqueles que respiram inteiramente pelo nariz. Durante o esforço, a resistência ao fluxo criada pelas passagens nasais causa uma mudança para a respiração pela boca em quase todas as pessoas. Outros fatores que influenciam a deposição e a retenção de partículas incluem o hábito de fumar e doenças pulmonares.

Das partículas que não se depositam na região da cabeça, as maiores irão se depositar na região das vias aéreas traqueobrônquicas e, posteriormente, poderão ser eliminadas pelo transporte mucociliar (veja abaixo); ou – se solúveis – poderão entrar no organismo pela dissolução. As partículas menores podem penetrar a região alveolar (Figura 1-1), que é a região onde os gases inalados podem ser absorvidos pelo sangue. Em termos do tamanho aerodinâmico, somente 1% de partículas de 10 μm atinge a região alveolar, e assim 10 μm é usualmente considerado, em termos práticos, o limite superior de tamanho para penetração nessa região. A deposição máxima na região alveolar ocorre para partículas com tamanho aerodinâmico de aproximadamente 2 μm. A maioria das partículas com tamanho maior que isto se deposita nas partes superiores do pulmão. Para partículas menores, a maior parte dos mecanismos de deposição torna-se menos eficiente e assim a deposição diminui para partículas menores que 2 μm até ser cerca de 10-15% para partículas de aproximadamente 0,5 μm. A maioria dessas partículas são novamente exaladas sem serem depositadas. Para partículas ainda menores, a difusão torna-se um mecanismo efetivo e a probabilidade de deposição é maior. A deposição portanto torna-se mínima a aproximadamente 0,5 μm.

A Figura 1-2 ilustra o tamanho da diferença existente entre a respiração nasal e a oral, e o papel da atividade física na quantidade de poeira inalada e depositada em diferentes regiões das vias respiratórias. Ela apresenta a massa de partículas que poderia ser inalada e depositada em trabalhadores continuamente expostos, durante 8 horas, a um aerossol na concentração de 1 mg/m^3, com diâmetro aerodinâmico mássico médio igual a 5,5 μm e um desvio padrão geométrico igual a 2,3. Os cálculos foram feitos usando-se um software desenvolvido pelo INRS (Fabriès, 1993), baseado no modelo desenvolvido por uma equipe alemã (Heyder et al., 1996; Rudolf et al, 1988). Os parâmetros respiratórios dos trabalhadores (volume corrente – Vc e freqüência, f) estavam associados às suas atividades físicas como se segue:

Vc= 1450 cm^3 f= 15 min^{-1} (atividade física moderada)

Vc = 2150 cm^3 f= 20 min^{-1} (atividade física elevada)

Os resultados mostram de forma muito clara que a respiração oral aumenta o depósito de poeira na região alveolar (troca gasosa) quando comparada com a respiração nasal, indicando a função protetora das vias aéreas nasais. Uma atividade mais intensa pode aumentar dramaticamente o depósito de poeira em todas as partes das vias aéreas respiratórias.

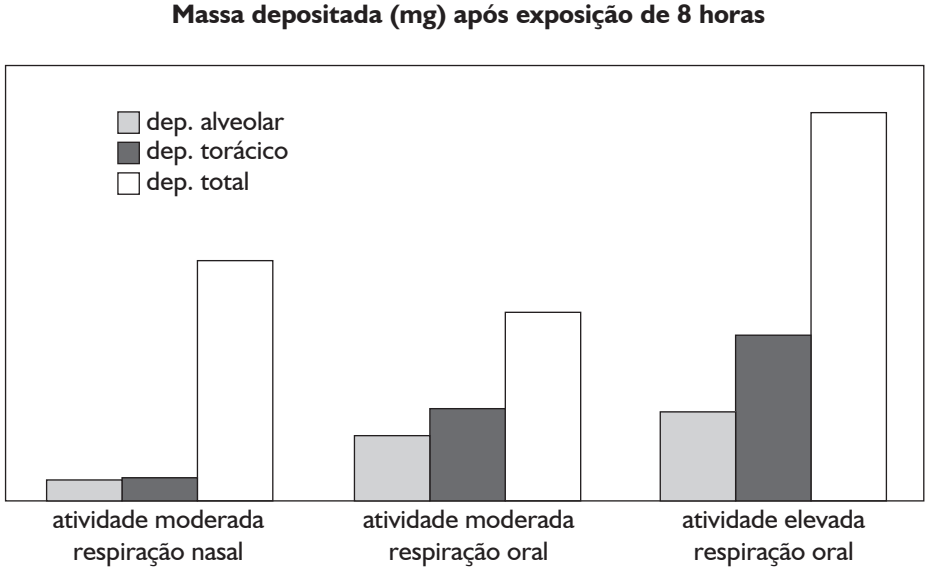


Figura 1-2 – Diferença entre a respiração nasal e oral e o papel da atividade física na quantidade de poeira inalada e depositada em diferentes regiões das vias respiratórias (Fabriès, 1993) (por cortesia de J. F. Fabriès, INRS)

As fibras se comportam diferentemente de outras partículas ao penetrarem nos pulmões. É impressionante que mesmo fibras tão longas quanto 100 μm têm sido encontradas nos espaços pulmonares do sistema respiratório. Isto é explicado pelo fato de o diâmetro aerodinâmico da fibra, que governa sua habilidade em penetrar no pulmão é antes de tudo uma função de seu diâmetro e não de seu comprimento (Cox, 1970). Entretanto, para fibras mais longas, a deposição por interceptação torna-se progressivamente mais importante.

1.3 Transporte de partículas [clearance] para fora do sistema respiratório

Após a deposição, o destino subseqüente das partículas insolúveis depende de vários fatores. (Partículas *solúveis* que se depositam em qualquer lugar podem dissolver, liberando material nocivo para o corpo).

1.3.1 Transporte mucociliar [mucociliary clearance]

A traquéia e os brônquios, até os bronquíolos terminais, estão revestidos com células dotadas de cílios semelhantes ao cabelo (o epitélio ciliado) cobertos por uma camada mucosa. Os cílios estão em movimento contínuo e sincronizado, o que faz com que a camada mucosa tenha um movimento ascendente contínuo, alcançando a velocidade na traquéia de 5-10 mm por minuto. As partículas insolúveis depositadas sobre o epitélio ciliado são deslocadas em direção ao epiglote e, então, engolidas ou escarradas em tempo relativamente curto. É interessante notar que a taxa de transporte pelo mecanismo mucociliar pode ser prejudicada significativamente pela exposição à fumaça de cigarro.

1.3.2 Movimento bronquiolar

Movimentos peristálticos intermitentes dos bronquíolos[7], tosse e espirros podem impelir as partículas no revestimento mucoso em direção à laringe ou para mais adiante.

1.3.3 Fagocitose

O epitélio da região alveolar não é ciliado. Entretanto, as partículas insolúveis depositadas nessa área são englobadas por macrófagos (fagócitos), os quais podem então (1) mover-se para o epitélio ciliado e então serem transportadas para cima e para fora do sistema respiratório; ou (2) permanecerem no espaço pulmonar; ou (3) entrarem no sistema linfático. Certas partículas, tais como poeiras contendo sílica, são citotóxicas, i.e. elas matam os macrófagos.

Os mecanismos de defesa ou de transporte de poeiras insolúveis inaladas e retidas têm sido classificados, de um modo geral, com base nos resultados dos experimentos com ratos, como (Vincent, 1995):

- *remoção rápida*, vinculada ao processo de transporte ciliar na região traqueobrônquica (tempo de remoção na ordem de meio dia);
- *remoção média*, vinculada à "primeira fase" da ação de transporte do macrófago na região alveolar (tempo de remoção da ordem de 10 dias);
- *remoção lenta*, vinculada à "segunda fase" da ação de transporte por macrófago na região alveolar (tempo de remoção da ordem de 100-200 dias) e um compartimento de "seqüestro" no qual as partículas são estocadas permanentemente (e.g. "incrustadas" em tecido fixo)

Também tem sido demonstrado que o acúmulo de grandes cargas de partículas insolúveis resulta num transporte [clearance] deficiente. Esta condição então chamada de "sobrecarga de poeira" pode ocorrer em decorrência de exposições ocupacionais prolongadas, mesmo a níveis relativamente baixos. Alguns pesquisadores (e.g., Morrow, 1992) têm sugerido que tal sobrecarga pode ser um precursor da formação de tumores, mesmo para substâncias que foram previamente consideradas como sendo relativamente inócuas. Considerando isso, alguns organismos que estabelecem padrões (e.g. ACGIH) revisaram suas documentações relativas à "particulados não classificados[8] de outra forma" (antes chamados de "poeiras incômodas") para levar esse risco em consideração.

[7] Os bronquíolos podem ser dinamicamente comprimidos por movimentos da parede torácica tais como aqueles que acontecem em momentos de tosses. [Nota do tradutor]

[8] Ou "especificados de outra forma", como tem sido mencionado nas últimas edições do livreto da ACGIH sobre limites de exposição ocupacional. [Nota do tradutor]

1.4 Risco à saúde

Não importa onde as partículas estejam depositadas, quer seja na região da cabeça ou nos pulmões, elas têm o potencial de causar danos localmente ou em outro local do corpo. As partículas que permanecem por muito tempo têm maior potencial para causar doenças. Isso explica porque as partículas inaladas são importantes no que diz respeito à avaliação e controle ambientais.

1.5 Frações por tamanho de partícula: convenções para tomada de amostra de poeira

Como foi descrito acima, as frações de partículas suspensas no ar que são inaladas e depositadas em várias regiões dependem de vários fatores. Entretanto, para a finalidade de tomada de amostras, foram estabelecidas convenções em termos do diâmetro aerodinâmico, que especificam o que deve ser coletado, dependendo da região de interesse para a substância e o risco considerado. A *American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)* [Conferência Norte-americana de Higienistas Industriais Governamentais], a *International Organization for Standardization (ISO)* [Organização Internacional de Normatização] e o *European Standards Organization* (CEN) [Organização de Normas Européias] estabeleceram acordos sobre definições para as frações ***inalável***, ***torácica*** e ***respirável*** (ACGIH, 1999; ISO, 1995; CEN, 1993, ICRP, 1994). Dependendo dos efeitos à saúde, uma ou outra região poderá ser de interesse. Mais adiante serão apresentados detalhes sobre os efeitos à saúde na Seção 2.2. e sobre o uso de frações por tamanho de partícula na Seção 4.3.

Fração de particulado inalável é aquela fração da nuvem de poeira que pode ser respirada pelo nariz e boca. Exemplos de poeiras para as quais qualquer partícula inalável é de interesse incluem poeiras de madeiras duras (que podem causar câncer nasal), e poeiras originadas no polimento usando-se ligas que contêm chumbo (que podem ser absorvidas e causar intoxicação sistêmica).

Fração de particulado torácica é aquela que pode penetrar as vias aéreas da região da cabeça e entrar nas vias aéreas dos pulmões. Exemplos de poeiras, para as quais essa fração é de interesse particular, incluem a poeira de algodão e outras poeiras que causam enfermidades nas vias aéreas.

Fração de particulado respirável é aquela de partículas suspensas no ar que, se inaladas podem penetrar além dos bronquíolos terminais e alcançar a região de troca gasosa dos pulmões. Exemplos de poeiras para as quais a fração respirável oferece maior perigo incluem: o quartzo e outras poeiras contendo sílica cristalina livre, poeira contendo cobalto e outros metais duros produzidos por afiação de brocas de perfuratrizes, e muitas outras.

No final desta seção deve ser observado que outras características das poeiras além da composição e do diâmetro aerodinâmico da partícula, podem ser importantes para o controle da poeira como, por exemplo, a aderência, o espalhamento da luz, a capacidade de absorção, a solubilidade e a higroscopicidade. Para melhor compreensão desse aspecto, o leitor pode consultar Vicent (1995, Capítulos 1, 5 e 6); Parkes (1994) ou Hinds (1982).

1.6 Mecanismos de geração e liberação de poeira

Esta seção tem como objetivo apresentar os principais mecanismos de geração / liberação de poeira, assim como chamar a atenção para a complexidade do comportamento de pós, e as incertezas que ainda existem.

Para assegurar um projeto eficiente e seguro (a abordagem preferível) ou para modificar efetivamente um processo ou operação que venham reduzir a exposição à poeira, vários fatores devem ser considerados. As contribuições das ciências dos aerossóis e da engenharia (Vicent, 1995; Faye e Otte, 1984) são essenciais. Freqüentemente o sucesso só pode ser alcançado por uma equipe de trabalho envolvendo higienistas ocupacionais, pessoal de produção, engenheiros, especialistas em tecnologia de aerossóis e outros profissionais.

1.6.1 Fragmentação mecânica

As poeiras geralmente se originam a partir de grandes massas do mesmo material, através do processo de ruptura mecânica como, por exemplo, polimento, corte, perfuração, esmagamento, explosão ou atrito forte entre certos materiais (e.g. rochas). A poeira assim gerada freqüentemente é chamada de "poeira suspensa no ar primária". A composição das poeiras minerais não é necessariamente a mesma das rochas que lhe deram origem desde que diferentes minerais possam se fragmentar ou serem removidos em diferentes taxas.

As poeiras vegetais podem se originar de forma semelhante a partir de processos de trabalho, por exemplo: poeiras de madeira produzidos na ação de serrar e lixar; poeira de algodão nas operações de descaroçamento, de carda e fiação; poeira de lã na tosquia de ovelhas.

A taxa de geração de poeira aumenta com a energia associada ao processo em questão. Por exemplo, uma roda de polimento produz mais poeira quando opera em alta velocidade. Embora a friabilidade, que é a habilidade de ser fragmentado, seja outra característica importante, o material mais friável não significa necessariamente que seja o mais perigoso. Por exemplo, quartzo muito duro, uma vez submetido a forças suficientemente fortes para quebrá-lo em tamanhos microscópicos, é um fator de risco à saúde mais sério do que o mármore que é mais friável.

1.6.2 Dispersão da poeira

Ao invés de resultar diretamente da ruptura de um material maciço, as poeiras também podem se originar a partir da dispersão de materiais em pó ou na forma granular. A poeira é liberada quando o processo envolve queda livre ou manuseio de tais materiais, e.g., transferência, descarregamento em massa, enchimento (ensacamento) ou esvaziamento de sacos ou outros recipientes, escoamento de um determinado material de um depósito alimentador para uma estação de pesagem, a própria pesagem, mistura, transporte e assim por diante. Além disso, correntes de ar sobre material em pó podem ser importantes.

Esses mecanismos não somente podem liberar poeira, mas também podem gerá-la, porque partículas menores podem ser formadas a partir de partículas maiores por fricção. A distribuição do tamanho de partícula de uma nuvem de poeira pode ser diferente daquela apresentada pelo pó do qual foi originada. Isso deve ser investigado para cada situação, assim como depende do tipo de material e das forças a que ele foi submetido durante seu manuseio ou processamento.

Para diminuir as emissões de poeira a partir de tais operações, é importante compreender os mecanismos de sua geração e liberação. Em termos da exposição resultante, os estudos sobre geração de poeira através da queda livre de pós têm demonstrado que a maneira pela qual o pó é manuseado pode ser tão importante quanto à capacidade que o material grosso tem de gerar poeira (e.g., Heitbrink et al, 1992). A altura de queda tem uma influência importante na geração e liberação de poeira por mais de uma razão. Quanto mais alto for o impacto, maior a disseminação de poeira. Além disso, quanto maior a altura de queda, maior é o fluxo de ar arrastado, o que favorece a disseminação da poeira. Isso mostra a importância do projeto do processo e de práticas de trabalho adequadas.

Um comitê técnico da *British Occupational Hygiene Society* (BOHS) [Sociedade Britânica de Higiene Ocupacional] estudou o "rendimento de poeira" definido como sendo "a massa de aerossol produzida por massa de pó despejada" (BOHS, 1985). Foi demonstrado que o aumento inicial da massa aumenta o rendimento de poeira. Mas atinge-se um ponto em que a poeira produzida por unidade de massa se estabiliza e depois diminui. Outros estudos confirmaram esse achado (Cheng, 1973; Breum, 1999) e pode-se concluir que "a geração de poeira pode ser minimizada quando existem pós caindo em grandes quantidades, isto é, cargas discretas ao invés de uma corrente de pequenos aglomerados; cargas discretas devem ser tão grandes quanto for possível para minimizar a exposição do pó à corrente de ar" (Heitbrink et al., 1992). A explicação é que no fluxo de material maior existe mais material no centro da massa que cai, e essa parte central é menos exposta ao ar circundante tornando menos provável que se disperse.

Deve ser mencionado que o teor de umidade aumenta as forças de ligação entre as partículas e, por essa razão, conduz a uma menor geração de poeira. Entretanto, o quanto ela é menor depende do tipo de material, de suas propriedades superficiais e da higroscopicidade. A partir disso pode-se inferir que a umidade – na forma de água – pode ser introduzida no processo como um meio de controle. Entretanto, existem limitações devidas às exigências do processo, assim como a alguns problemas associados tais como entupimentos, congelamentos ou evaporações. Além disso, deve ser mencionado que materiais molhados podem eventualmente tornarem-se secos outra vez e serem re-dispersados em seguida.

Há muitos estudos interessantes sobre fluxo de material demonstrando que a influência de vários fatores não é tão óbvia. Por exemplo, muitas vezes é erroneamente presumido que um material pulverizado contendo grandes proporções de partículas grossas é menos nocivo no que diz respeito à exposição à poeira. Entretanto, uma proporção elevada de partículas grossas no material a granel pode, de fato, aumentar a pulverulência devido a um "decréscimo na coesão do material à medida que aumenta a proporção de partículas grossas" (Upton et al, 1990), e também devido à agitação de partículas finas porque exis-

tem mais colisões com partículas grandes. Quanto maior for o impacto entre as partículas, maior será a disseminação da poeira.

Além disso, o tipo de material influencia a geração de poeira. Diferenças entre materiais foram demonstradas, por exemplo, por um estudo sobre a queda de pós a granel [*bulk*] (Plinke et al., 1991) que investigou como a taxa de geração de poeira depende da relação entre duas forças opostas: uma que separa e outra que une os materiais. Os fatores determinantes estudados foram: quantidade (massa), distribuição do tamanho de partícula, altura da queda, fluxo de material e teor de umidade. Fatores externos, como o movimento do ar, também podem desempenhar um papel importante no que diz respeito à posterior dispersão da poeira liberada a partir do processo. As forças de separação e união das partículas que caem foram estudadas para *areia* e *calcário* (que são materiais inorgânicos cristalinos, não porosos e não reativos com água), *cimento* (que é inorgânico mas internamente poroso e reativo com água), e *farinha* (que é orgânica, porosa e reativa com água).

Entretanto, na aplicação prática de tal conhecimento, devem ser consideradas as limitações impostas pelas exigências do processo e a necessidade de não se interferir nele. Por exemplo, se alguém tentar diminuir a pulverulência pelo aumento da coesão entre as partículas, o equipamento de manuseio do pó pode entupir e, em certas situações, a exposição poderia até mesmo aumentar porque os trabalhadores iriam sacudir o equipamento. As implicações das mudanças do processo, em termos das exigências da manutenção, também devem ser consideradas. Os problemas da umidificação já foram apontados.

Finalmente, todo o trabalho até aqui realizado para compreender a natureza da dispersão da poeira durante o manuseio de materiais tem sido muito empírico e assim não tem proporcionado muita compreensão sobre os processos físicos que estão envolvidos, entretanto, esta é uma área para pesquisa futura; enquanto isso, os resultados dos trabalhos até aqui realizados devem ser interpretados com cautela.

1.6.3 Índices de pulverulência[9]

O conceito de "índice de pulverulência" foi proposto para permitir comparações entre as capacidades que diferentes materiais maciços possuem de produzir poeiras. Métodos de estimativa da pulverulência foram desenvolvidos com vistas a se estabelecer Índices de Pulverulência relativos (BOHS, 1985 e 1988; Lyons e Mark, 1994; Upton et al., 1990; Vincent, 1995; Breum et al., 1996). O objetivo é apontar critérios para a seleção de produtos que irão resultar em menor emissão de poeira.

Os testes de pulverulência utilizam técnicas: gravitacional, mecânica e de dispersão por gás (Vincent, 1995). Esses métodos provocam a formação de uma nuvem de poeira, que é avaliada por tomada de amostra e análise ou por instrumentos de leitura direta. No método **dispersão por gravidade** cria-se uma nuvem de poeira quando se despeja massas do material a granel em estudo, num espaço fechado bem definido, a partir de altura de

[9] Pulverulência foi a palavra adotada para a tradução de "dustiness", não encontrada em diversos dicionários Inglês-Português que foram consultados. Outra opção seria "empoeiramento". [Nota do tradutor].

queda constante. Isso está relacionado com a transferência de um material a granel de um recipiente para outro, esvaziamento de sacos, etc. No método de **dispersão mecânica** o material a granel é disperso pela agitação em um tambor rotatório, que se utiliza em operações como misturas em bateladas de materiais secos. O método de **dispersão por gás** envolve a passagem de um jato de ar através do material a granel e se refere a situações onde pilhas de matérias a granel são varridas por correntes de ar.

Cada método fornece um índice diferente, em unidades arbitrárias, que permite classificar os materiais em ordem de pulverulência.

É importante mencionar, entretanto, que diferentes métodos de pulverulência irão produzir diferentes ordens de classificação. A Tabela 1-1 apresenta exemplos de "pulverulência" relativa para uma gama de materiais industriais comuns que foram obtidos por dois métodos diferentes. Os números na tabela representam a razão entre a pulverulência do material em questão e o valor médio para todos os materiais testados por aquele método e, entre parênteses, a ordem de pulverulência tal como foi medida pelo método.

Embora os índices de pulverulência possam ser úteis para comparar diferentes materiais e talvez predizer o "rendimento de poeira " resultante, as avaliações de campo têm indicado que os resultados do teste não se correlacionam consistentemente com a exposição efetiva dos trabalhadores. Um estudo (Heitbrink et al., 1992) avaliou a correlação entre os resultados de teste de pulverulência e a exposição à poeira nas operações de esvaziamento e enchimento de sacos. Em um caso, a exposição à poeira pode ser bem prevista, entretanto, isto não estava consistente em todos os experimentos e levou à conclusão de que cada situação tem que ser estudada individualmente porque existem muitos outros fatores, além da pulverulência em si, que podem influenciar na exposição resultante.

Tabela 1-1 – Exemplos de "pulverulência" relativa para uma faixa de materiais industriais comuns obtidas usando métodos de dispersão por gravidade e métodos de tambores rotativos (modificado de Vicent, 1995).

Material	**Método**	
	Queda por gravidade	**Cilindro rotatório**
Enxofre	0,20 (1)	0,20 (2)
Absorvedor de óleo	0,95 (2)	0,05 (1)
Giz	1,39 (3)	0,22 (3)
Sílica	1,41 (4)	2,81 (4)
Carvão	2,92 (5)	4,5 (5)

Referências para o Capítulo 1

ACGIH (1999). *Particle Size-Selective Sampling for Health-Related Aerosols* (Vincent JH, editor). American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Air Sampling Procedures Committee, Cincinnati, OH, USA. ISBN 1-1882417-30-5.

BOHS (1985). *Dustiness Estimation Methods for Dry Materials: Part 1, Their Uses and Standardization; Part 2, Towards a Standard Method*. Technical Report nº 4, British Occupational Hygiene Society Technology Committee, Working Group on Dustiness Estimation. H&H Scientific Reviews, Leeds, UK. ISBN 0-905927-71-0.

BOHS Technology Committee Working Party on Dustiness Estimation (1988). Progress in dustiness estimation. *Annals of Occupational Hygiene* 32:535-544.

Breum, N. O.; Nielsen, B. H.; Nielsen, E. M.; Midtgaard, U.; Poulsen, O. M. (1996). Dustiness of compostable waste: a methodological approach to quantify the potential of waste to generate airborne micro-organisms and endotoxin. *Waste Management & Research* 15:169-187.

Breum, N. O. (1999). The rotating drum dustiness tester: variability in dustiness in relation to sample mass, testing time, and surface adhesion. In press, *Annals of Occupational Hygiene* 43(8).

CEN (1993). *Workplace Atmospheres – Size Fraction Definitions for Measurement of Airborne Particles*. European Standard EN 481, European Standardization Committee (CEN), Brussels.

Cheng, L. (1973). Formation of airborne respirable dust at belt conveyor transfer points. *American Industrial Hygiene Association Journal* 34(12):540-546.

Cox, R. G. (1970). The motion of long slender bodies in a viscous fluid: Part 1, General theory. *Journal of Fluid Mechanics* 44:791-810.

Fabriès, J. F. (1993). Calculation of the physical characteristics of deposited particles in the respiratory airways. 9th Congress of the International Society for Aerosols in Medicine, Garmisch-Partenkirchen, Germany, March 30 – April 3, Abstract II-5, *Journal of Aerosol Medicine* 6 (suppl.):22.

Faye, M. E.; Otten, L. (editors) (1984). *Handbook of Powder Science and Technology.* Van Nostrand-Reinhold, New York.

Fuchs, N. A. (1964). *The Mechanics of Aerosols.* Pergamon Press, Oxford.

Green, H. L.; Lane, W. R. (1964). *Particulate Clouds, Dusts, Smokes and Mists.* 2nd edition. Spon, London.

Heitbrink, W. A.; Baron, P. A.; Willeke, K. (1992). An investigation of dust generation by free falling powders. *American Industrial Hygiene Association Journal* 53:617-624.

Heyder, J.; Gebhart J.; Rudolf, G.; Schiller, C. F.; Stahlhofen, W. (1986). Deposition of particles in the human respiratory tract in the size range 0.005-155 Đm. *Journal of Aerosol Science* 17:811-825.

Hinds, W. C. (1982). *Aerosol Technology.* John Wiley and Sons, New York. ICRP (1994). Human respiratory tract model for radiological protection. International Commission on Radiological Protection Publication 66. *Annals of the ICRP* 24(1-3). Elsevier Science Ltd., Oxford, UK.

ICRP (1994). Human respiratory tract model for radiological protection. International

Commission on Radiological Protection Publication 66. *Annals of the ICRP* 24(1-3). Elsevier Science Ltd., Oxford, UK.

INRS (1996). *O. Principes Généraux de Ventilation*. Institut National de Recherche et de Sécurité, juin 1996. ISBN 2-85599-431-4.

ISO (1995). *Air Quality – Particle Size Fraction Definitions for Health-related Sampling*. ISO Standard 7708. International Organization for Standardization (ISO), Geneva.

IUPAC (1990). Glossary of atmospheric chemistry terms. International Union of Pure and Applied Chemistry, Applied Chemistry Division, Commission on Atmospheric Chemistry. *Pure and Applied Chemistry* 62 (11):2167-2219.

Lippmann, M. (1977). Regional deposition of particles in the human respiratory tract. In Lee DHK, Murphy S (editors), *Handbook of Physiology: Section IV, Environmental Physiology,* 2nd edition. Williams and Wilkins, Philadelphia. Pp. 213-232.

Lyons, C. P.; Mark, D. (1994). *Development and Testing of a Procedure to Evaluate the Dustiness of Powders and Dusts in Industrial Use, Report LR 1002*. Environmental Technology Executive Agency of the U.K. Department of Trade and Industry, London.

Morrow, P. E. (1992). Dust overloading of the lungs: update and appraisal. *Toxicology and Applied Pharmacology* 113:1-12.

Parkes, W. R. (1994). *Occupational Lung Disorders,* 3rd. edition. Butterworth-Heinemann, UK.

Plinke, M. A. E.; Leith, D.; Holstein, D. B.; Boundy, M. G. (1991). Experimental examination of factors that affect dust generation. *American Industrial Hygiene Association Journal* 52 (12):521-528.

Rudolf, G.; Gebhart, J.; Scheuch, G.; Stahlhofen, W. (1988). Mass deposition from inspired polydisperse aerosols. In: *Inhaled Particles VI* (Dodgson, McCallum, Bailey, Fisher, editors) Pergamon Press, Oxford, UK. Pp 919-938. ISBN 0-08-0341853.

Upton, S. L.; Hall, D. J.; Marsland, G. W. (1990). Some experiments on material dustiness. Aerosol Society Annual Conference 1990, Surrey, UK.

Vincent, J. H. (1989). *Aerosol Sampling: Science and Practice*. Wiley and Sons, Chichester, U.K. ISBN 0-471-92175-0.

Vincent, J. H. (1995). *Aerosol Science for Industrial Hygienists.* Pergamon/Elsevier, Oxford, UK. ISBN-0-08-042029-X.

Willeke; K.; Baron, P. A. (1993). *Aerosol Measurement: Principles, Techniques and Applications*, Van Nostrand-Reinhold, New York.

WHO (1997). *Determination of Airborne Fibre Number Concentrations – A Recommended Method, by Phase Contrast Optical Microscopy (Membrane Filter Method)*, World Health Organization, Geneva.

CAPÍTULO 2
RECONHECIMENTO DO PROBLEMA: EXPOSIÇÃO E DOENÇA

2.1 Exposições à poeira

Muitos processos de trabalho envolvem operações que, se não forem adequadamente planejadas, controladas e gerenciadas, poderão causar apreciável exposição à poeira e apresentar sérios riscos à saúde. Os seguintes pontos devem ser lembrados:

A aparência de uma nuvem de poeira pode ser enganadora.

A interação da radiação eletromagnética (e.g. luz visível) com um sistema de partículas suspensa no ar é muito complexa. Assim a aparência visual de uma nuvem de poeira pode ser fortemente dependente do comprimento de onda da luz e do ângulo de visão em relação à fonte de luz, assim como do tamanho da partícula, da forma, do índice de refração e, naturalmente, da concentração da poeira. Com base nisso, e dependendo das condições, é razoável supor que a nuvem de poeira, que é visível a olho nu, pode representar um fator de risco. Entretanto, não se deve presumir que a ausência de nuvem visível de poeira represente condições "seguras". Para algumas poeiras, o risco existe mesmo quando a nuvem é invisível.

A liberação da poeira pode ser localizada e somente afetar o trabalhador próximo, ou ela pode se espalhar por todo o local de trabalho e afetar todos os outros.

Isto acontece se a liberação for suficientemente volumosa e não controlada, especialmente se as partículas da poeira forem muito finas e, desse modo, capazes de permanecerem suspensas no ar por um longo período. A poeira suspensa no ar constitui um fator de risco se inalada. Entretanto, após ela ter sedimentado, pode criar outro problema através do contato com a pele e ingestão.

A fonte de poeira pode não ser óbvia, ou o controle pode ser inadequado.
Por exemplo, mesmo se a poeira estiver controlada por meio de um sistema de ventilação local exaustora, poderão existir vazamentos permitindo que poeira fina respirável, possivelmente invisível, entre na área de trabalho. Ou correntes de ar laterais poderão perturbar a captura eficiente do sistema. Por isso, mesmo se houver a impressão de

que a situação está sob controle por existirem sistemas de ventilação, estes deverão ser periodicamente verificados para se ter certeza de que realmente são adequados e eficientes (Capítulo 7).

Esta seção apresenta alguns exemplos que, de forma alguma, são exaustivos.

2.1.1 Ocupações poeirentas

A exposição à poeira está relacionada a ocupações e locais de trabalho, tanto em cenários industriais como agrícolas, por exemplo:

- mineração, pedreiras e abertura de túneis;
- trabalho com pedras e construção;
- fundições e outros tipos de atividades metalúrgicas;
- construção de navios (jateamento abrasivo);
- fabricação de vidros, cerâmicas (louça de barro, porcelana e esmaltados)
- gravação em vidros;
- fabricação de agentes de remoção de impurezas e abrasivos;
- indústria química e farmacêutica (manuseio de produtos químicos em pó);
- indústria de produção de borracha;
- produção de acumuladores elétricos chumbo-ácido (óxido de chumbo a granel);
- remoção de pinturas e partes enferrujadas de edifícios, pontes, tanques e outras superfícies;
- formulação de pesticidas;
- trabalho na agricultura (aração, colheita e estocagem de grãos);
- indústria de alimentos (padarias, produtos animais); e
- silvicultura e indústria da madeira.

2.1.2 Processos poeirentos

Como já foi visto, as liberações de poeira no local de trabalho podem resultar de qualquer forma de ruptura mecânica, tal como ocorre na mineração e pedreiras, usinagem ou outras operações unitárias, ou do movimento de material pulverulento.

As operações tipicamente produtoras de poeiras incluem jateamento com areia, perfuração de rocha; perfuração com marteletes, corte de pedra, serração, raspagem, moagem, polimento, quebra de moldes de areia, operação de "sacudir", limpeza de peças de fundição, uso de abrasivos e, acima de tudo, operações de manuseio de pós e grânulos, tais como pesagem, mistura (comum à maioria dos processos por batelada) e transferência de matéria prima ou produtos pulverulentos (e.g. enchimento de sacos, correias transportadoras, transferência de um recipiente para outro).

Um tipo de fonte de emissão, freqüentemente negligenciada, é o **transporte de sacos ou de qualquer recipiente com materiais pulverulentos.** Essa operação pode constituir uma importante fonte móvel de poeira, particularmente se os sacos tem buracos, ou os recipientes não estão adequadamente fechados. A disposição de sacos vazios também pode ser uma fonte importante, especialmente se os sacos são manualmente compactados após o uso para economizar espaço. Essas operações provavelmente não estarão listadas como operações específicas na planta industrial e, conseqüentemente, serão desconsideradas como fontes potenciais de emissão que exigem controle. As trajetórias de transporte devem ser seguidas e cuidadosamente observadas. Outras áreas onde perigos apreciáveis podem ser negligenciados são as **salas de estocagem.**

Deve ser destacado que **qualquer operação abrasiva**, mesmo que o material abrasivo não contenha sílica, pode criar um sério risco à saúde, se ela for usada para remover materiais perigosos como, por exemplo, resquícios de moldes de areia em peças fundidas ou tintas com chumbo em pontes. O mesmo raciocínio se aplica a **rebolos** ou **esmeris** pois**,** mesmo que sejam feitos de materiais que não contenham sílica, seus usos poderão envolver, por exemplo, exposição séria a metais. Se o rebolo ou o material abrasivo contiver substâncias perigosas como a sílica, existe um risco extra, que provavelmente será muito alto.

As operações de usinagem, que utilizam ferramentas como torno mecânico, esmeris, máquinas rotativas ou de moagem, podem produzir grandes quantidades de poeiras. O corte dimensional de metais e outros materiais geralmente é um processo de alta energia que produz poeiras em uma ampla faixa de tamanhos de partícula que então são transportadas no fluxo de ar. A fonte de risco freqüentemente procede da parte que está sendo trabalhada, por exemplo, ligas de aço-carbono contêm metais que incluem níquel, cobalto, cromo, vanádio e tungstênio. Muitos metais duros são usados na fabricação de ferramentas e peças especiais; e pode acontecer que trabalhadores que usinam ou afiam essas ferramentas, não tenham a mínima idéia da composição original e, freqüentemente, acreditem que a poeira produzida seja completamente inofensiva.

Entretanto, os riscos à saúde não podem ser associados apenas a ocupações, mas devem ser associados aos ambientes de trabalho. Acontece freqüentemente que ocupações produtoras de poeiras sejam realizadas ao lado de outras que praticamente não oferecem risco, particularmente em pequenas indústrias. Pode acontecer, por exemplo, que uma operação inofensiva, tal como a preparação de papelão para caixas de embalagem, seja realizada no mesmo ambiente onde haja o jateamento de areia. Pode até mesmo acontecer de um ambiente de trabalho ser contaminado por outra fábrica vizinha.

2.1.3 Perigos especiais

Sempre que houver ruptura ou fragmentação de areia, rochas ou minérios contendo sílica cristalina livre, poderá haver um perigo muito sério, que aumenta à medida que cresce a proporção de partículas “respiráveis” e o conteúdo de sílica livre na poeira. A sílica livre pode ocorrer sob três formas cristalinas, i.e., quartzo, tridimita e cristobalita. O quartzo é, sem dúvida alguma, o mais comum desses minerais e ocorre em rochas tais como granito,

arenito, sílex, ardósia e muitas outras, assim como em certos minérios metálicos e carvão. Os perigos relativos ao jateamento de areia já foram mencionados.

Grandes quantidades de poeira contendo sílica são produzidas quando explosivos são usados na extração de rochas, quando o granito é perfurado ou quando se limpam peças metálicas que foram fundidas em moldes de areia. Em áreas de construção, o corte de concreto e pedra, mesmo em área aberta, gera enormes nuvens de poeira, que contêm vários teores de quartzo (Thorpe et al., 1999)

Outros componentes de rochas e minérios também podem ser muito nocivos, por exemplo, chumbo, berílio e outros metais tóxicos ou radioativos, embora alguns minérios, como a galena (sulfeto de chumbo), são tão insolúveis nos fluídos biológicos que o risco pode ser muito baixo.

A exposição ao amianto ocorre em minas e pedreiras, na produção e no corte de produtos de cimento com amianto, no trabalho de demolição onde o amianto tenha sido usado como material de isolamento (o que não é mais permitido na maioria das jurisdições), em estaleiros, na produção e substituição de lonas de freio, e na remoção e disposição de amianto. O amianto já foi amplamente usado em materiais de construção, assim a exposição será sempre uma possibilidade durante a manutenção de edifícios.

Em processos de eletrodeposição, compostos muito tóxicos (tais como óxido de cádmio) são pesados antes de serem adicionados a um banho de galvanização. Na indústria da borracha, mais de 500 produtos químicos são utilizados, muitos dos quais são adquiridos na forma de pós. Um estudo (Swuste, 1996) encontrou, em grandes departamentos de formulação da indústria da borracha, que cerca de 35% dos aceleradores, anti-degradantes e inibidores nas categorias de carcinogênicos ou tóxicos sistêmicos (agudos e crônicos) eram pós.

Na indústria da madeira podem ser produzidas grandes quantidades de poeira, particularmente na serração e operações de lixamento, que necessitam ser controladas tanto por razões de saúde (câncer nasal, alergias, irritação) como por razões de segurança (porque grandes quantidades de poeira fina de madeira podem criar o risco de incêndio ou explosão – veja Seção 2.4.1).

Poeira orgânica está freqüentemente associada a endotoxinas, micotoxinas e microorganismos (Zock et al., 1995) e, portanto, implicando em múltiplos fatores de riscos. Tais problemas freqüentemente são encontrados nas atividades da agricultura e nas indústrias de alimentos. Grãos e produtos similares produzem grandes quantidades de poeira quando estão sendo transferidos por correias transportadoras, adicionados ou retirados de depósitos alimentadores ou de porões de navio.

2.1.4 Exemplos de exposição

Embora não exista qualquer base de dados de caráter mundial sobre exposição a poeira, provavelmente existem centenas de milhões de pessoas por todo o mundo expostas a poeiras perigosas durante suas atividades de trabalho. Agricultura, indústrias extrativas e de processamento básico de alimentos eram comuns antes da industrialização e

todas essas atividades podem levar à exposição à poeira. À medida que uma economia se desenvolve,normalmente leva a uma maior produção e, com isso, maior exposição à poeira antes da introdução de melhores controles. Por exemplo, na indústria de corte de granito de Vermont, as ferramentas manuais foram substituídas no início do século XIX por ferramentas pneumáticas, que produziam muito mais poeira. Houve rápido aumento na taxa de silicose, seguido, nos últimos anos de 1930s, pela introdução de ventilação local exaustora que então resultou em declínio e virtual eliminação da silicose (Burgess et al., 1989). Na indústria de carvão britânica, dos anos 1940s até os anos de 1970s, métodos de controle aperfeiçoados se esforçaram para conter a poeira extra produzida pela rápida mecanização, mas apesar disso, as concentrações de poeira respirável em geral foram reduzidas por um fator de três (Jones, 1979). Entre os países de industrialização recente, Chung (1998) descreveu o crescimento rápido dos riscos à saúde dos trabalhadores na Coréia e um leve crescimento posterior na prevenção. Zou et al. (1997) documentaram o grande problema da silicose na China e o efeito das medidas de redução da poeira.

Sem controle cuidadoso, o trabalho que gera poeira leva facilmente a exposições da ordem de mais de dez ou algumas vezes centenas de mg/m³. Tomando-se alguns poucos dos muitos exemplos, tais exposições têm sido documentadas na mineração ou em pedreiras no Brasil (Ribeiro Franco, 1978), na Grã-Bretanha (Maguire et al., 1975), na China (Zou et al., 1997), na Índia (Durvasula, 1990) e nos Estados Unidos (Ayer et al., 1973); na limpeza de silos de grãos e na captura de aves domésticas na Grã-Bretanha (Simpson et al., 1999); na moagem de troncos de árvores no Canadá (Teschke et al., 1999); na perfuração de fundações em Hong Kong (Fang, 1996); na colheita mecanizada de nozes nos EUA (Nieuwenhuijsen et al., 1999); na produção de bateria chumbo-ácido na Índia (Durvasula, 1990); e na indústria têxtil de lã na Grã-Bretanha (Cowie et al., 1992). Diz-se que a remoção descontrolada de isolamentos de amianto resulta em exposições de centenas ou milhares de fibras/ml e sabe-se que a fiação de amianto sem os controles modernos tem resultado em exposições de dezenas de fibras/ml. O trabalhador desinformado muitas vezes continuará a trabalhar em tais condições, mesmo que a poeira tenha potencial de causar doenças incapacitantes ou fatais, que podem se desenvolver rapidamente, como será exemplificado na próxima seção. Entretanto, a implementação de medidas de controles descritas mais à frente neste manual, freqüentemente muito simples, pode reduzir tais exposições a níveis satisfatórios (e.g. Swuste et al., 1993; Swuste, 1996; Fang, 1996).

2.2 Problemas causados pela poeira

2.2.1 Vias de exposição

A maior parte da atenção é dada à exposição a poeira por inalação e os problemas por esta via são tratados nas Secções 2.2.2 a 2.2.11. Entretanto, outras vias, muitas vezes, são importantes.

Absorção através da pele (ou absorção cutânea) pode ocorrer, por exemplo, se materiais solúveis em água se dissolvem no suor e passam através da pele para a corrente sanguínea, causando intoxicação sistêmica. Embora este relatório não trate de aerossóis líquidos, deve ser lembrado que pulverizações freqüentemente resultam em exposição e absorção através da pele, mesmo quando se utilizam roupas de proteção. Isso pode resultar em risco substancial quando pesticidas são pulverizados (e.g., de Vreede et al, 1998; Garrod et al., 1998). É provável que ocorra **ingestão** quando hábitos de higiene deficientes permitem a alimentação, ação de beber ou hábito de fumar em locais de trabalho contaminados ou sujos. As partículas não precisam estar suspensas no ar. Por exemplo, vários casos de intoxicação por chumbo ocorreram em pequenas oficinas de cerâmicas mantidas inadequadamente e a ingestão de compostos inorgânicos de chumbo foi uma via importante. Obviamente, a entrada por esta via pode ser significativamente reduzida por ordem e limpeza, higiene pessoal e práticas adequadas de trabalho. Muitas das partículas inaladas são engolidas e ingeridas, mas, para fins de avaliação e controle elas geralmente são consideradas relacionadas com a via inalação.

Efeitos sobre a pele. Além do risco de absorção através da pele, muitas das poeiras podem afetar a pele diretamente, causando vários tipos de dermatoses, que constituem problema generalizado e freqüentemente sério, ou mesmo câncer de pele. O cimento é uma importante causa de dermatite. Para tais substâncias, a poeira de qualquer tamanho tem importância para a saúde, mesmo que ela nunca se torne suspensa no ar. Alguns agentes sensibilizantes (veja Seção 2.2.9) agem sobre a pele, incluindo muitas poeiras de madeira, tais como corniso, sumagre venenoso, mogno, pinho, bétula, carvalho venenoso e faia. Isso é importante tanto na indústria da madeira assim como para os trabalhadores rurais, e.g., na agricultura e silvicultura.

2.2.2 Efeitos potenciais à saúde por inalação

Se a poeira for liberada na atmosfera, existe boa chance de que alguém esteja exposto e ela seja inalada. Se a poeira for nociva, existe chance de que alguém venha a apresentar efeitos adversos à saúde, os quais podem variar de um dano menor a uma doença irreversível ou mesmo condições ameaçadoras à vida.

O **risco à saúde** associado a ocupações poeirentas depende do **tipo de poeira** (características físicas, químicas e mineralógicas), que irá determinar suas propriedades toxicológicas, e, por conseguinte, o efeito à saúde resultante; e da **exposição**, que determina a dose. A exposição depende da **concentração no ar** (geralmente massa da poeira por volume de ar), do **diâmetro aerodinâmico da partícula** da poeira em questão, e do **tempo de exposição** (duração). A dose efetivamente recebida ainda é influenciada por condições que afetam a absorção, por exemplo, o volume e a taxa de respiração (como foi visto no Capítulo 1, Figura 1-2).

Os diâmetros aerodinâmicos das partículas determinam se, e por quanto tempo, as poeiras permanecerão suspensas no ar, a probabilidade de elas serem inaladas e o local onde se depositam no sistema respiratório. A concentração da poeira no ar e o tamanho aerodinâmi-

co das partículas irão determinar a quantidade de material depositado, e, por conseguinte, a dose recebida no local crítico.

Como já foi mencionado no Capítulo 1, as substâncias muito solúveis podem ser absorvidas em todas as partes do sistema respiratório e, assim, para partículas solúveis, o local de deposição (e portanto o tamanho aerodinâmico) é de menor importância. Para partículas insolúveis, o local de deposição no sistema respiratório é de fundamental importância, o que significa que as propriedades aerodinâmicas da partícula, forma (fibras), dimensões das vias aéreas e os padrões de respiração são relevantes.

Os efeitos à saúde resultantes da exposição à poeira podem tornar-se evidentes somente depois de exposição repetida ou de longa duração. Isso, freqüentemente, é o caso das pneumoconioses. Pode acontecer que os efeitos apareçam mesmo após a exposição ter cessado, tornando-se mais fácil que sejam negligenciados ou equivocadamente atribuídos a condições não ocupacionais. Por exemplo, o mesotelioma resultante da exposição a crocidolita aparece após períodos de latência de 40 anos ou mais após o início da exposição. Por essa razão, o fato de os trabalhadores não apresentarem nenhum sintoma, ou os sintomas aparecerem após um longo tempo, não deve ser escusa para a inatividade no que diz respeito a evitar a exposição a perigos conhecidos.

Entretanto, muitas poeiras têm efeitos que resultam de exposições mais curtas a concentrações elevadas. Mesmo quando se trata de poeiras produtoras de pneumoconioses, existem casos de efeitos agudos.

Uma discussão detalhada sobre doenças ou danos resultantes da exposição a poeiras está além do escopo deste documento. No entanto, breves comentários sobre doenças ocupacionais causadas por poeiras são apresentados aqui para ilustrar a importância da prevenção da exposição. Para maiores informações os leitores deveriam consultar a extensa literatura e bases de dados disponíveis sobre toxicologia e doenças ocupacionais, tais como aquelas listadas na Seção 2.2.11.

Os efeitos à saúde que podem resultar da exposição a diferentes tipos de poeira incluem: pneumoconioses, câncer, intoxicação sistêmica, doença de metal duro, irritação e lesões inflamatórias do pulmão, respostas alérgicas (incluindo asma e alveolite alérgica extrínseca), infecção e efeitos sobre a pele. O mesmo agente pode causar uma variedade de efeitos adversos. Por exemplo, certas poeiras de madeira têm sido conhecidas por causarem danos como irritação nos olhos e na pele, alergia, função pulmonar reduzida, asma e câncer nasal.

2.2.3 Pneumoconioses

Uma das definições de pneumoconiose (ILO, 1997) é: “pneumoconiose é a acumulação de poeira nos pulmões e a reação do tecido à sua presença”. As mudanças pulmonares nas pneumoconioses variam desde uma simples deposição da poeira, como é o caso da siderose (deposição de poeira de ferro nos pulmões, claramente observada por exame de raios-X mas sem manifestações clínicas), a condições com danos na função pulmonar, tais como a bissinose (causada pela poeira de algodão e linho) e doenças pulmonares fibrogênicas, como a silicose (causada pela poeira de sílica cristalina livre).

As pneumoconioses de mineradores de carvão podem ser um sério problema em países onde a mineração de carvão é apreciável. Por outro lado, isso não ocorre em países onde foram estabelecidas medidas de prevenção e de controle rigorosas. Por exemplo, na Austrália, onde a mineração de carvão é a principal indústria, não houve casos novos de pneumoconioses de mineradores de carvão nos últimos 10 anos, devido à aplicação de limites de exposição e à vigilância médica compulsória de todos os trabalhadores na indústria a cada dois anos.

A asbestose pode ser um problema sério onde o amianto é extraído e/ou processado em que as exposições são potencialmente elevadas, mas os cânceres que ele causa (veja Seção 2.2.4) também constituem um problema, mesmo se as exposições forem baixas.

Outras pneumoconioses podem ser produzidas por inalação de quantidade excessivas das seguintes poeiras: berílio (beriliose); caulim (caolinose); bário (barisitose); estanho (estanose); óxido de ferro (siderose); talco; grafita e mica. Com a exceção da beriliose, essas outras pneumoconioses são relativamente benignas.

Silicose

A silicose é uma doença pulmonar fibrogênica causada pela exposição excessiva a poeira composta de ou que contém sílica cristalina livre. Ela é irreversível, progressiva, incurável e, nos últimos estágios, incapacitante e, eventualmente, fatal. O risco de silicose depende da quantidade de sílica cristalina livre inalada e de efetivamente depositada na região alveolar (em conseqüência da concentração da poeira respirável e de seu teor de sílica cristalina, assim como o tempo de exposição e o padrão de respiração).

Lesões pulmonares silicóticas inicialmente têm uma aparência nodular (silicose simples); entretanto, com a progressão da doença dois ou mais nódulos podem coalescer para formar conglomerados maiores (fibrose intensa; silicose conglomerada). O primeiro sintoma da silicose é a dispnéia (dificuldade de respirar) que se torna cada vez mais séria. Devido à natureza restritiva dessa doença pulmonar, pode ocorrer enfisema compensatório (destruição de paredes alveolares). A complicação mais usual da silicose, e uma causa freqüente da morte de pessoas silicóticas, é a tuberculose (sílico-tuberculose). A insuficiência respiratória devida à fibrose intensa e enfisema, algumas vezes acompanhadas por *cor pulmonale* (dilatação do coração devido ao esforço contínuo para respirar devido à doença pulmonar restritiva), é outra causa de morte. Embora a silicose seja uma doença ocupacional típica, ela pode ser, e freqüentemente é diagnosticada como uma condição não relacionada ao trabalho.

A silicose, assim como a maioria das pneumoconioses, é uma doença crônica que leva anos para aparecer. Entretanto, se a exposição é suficientemente intensa, ela pode ocorrer na forma acelerada (aguda). Por exemplo, Fang (1996) relatou casos de silicose entre operadores de perfuração no período de um ano a partir do início das atividades de trabalho sob condições de exposição intensa: as concentrações de poeira no ar eram da ordem de 2000 vezes o limite de exposição ocupacional permitido, decorrentes da perfuração de granito em espaços fechados (compartimento fechado para trabalho submerso de 1-4 m de diâmetro, 30-40 m de profundidade).

Bissinose

A bissinose é uma doença pulmonar obstrutiva, usualmente caracterizada nos estágios iniciais pela brevidade da respiração, opressão no peito e respiração ofegante no primeiro dia após o retorno ao trabalho, mas com sintomas crescentes que se tornam mais permanentes à medida que a doença avança. A dispnéia crescente leva a vários graus de incapacidade. A bissinose (também denominada como "pulmão marrom") é causada pela exposição excessiva a poeiras de algodão (principalmente em operações tais como descaroçamento, cardação e fiação), linho, sisal e cânhamo macio.

2.2.4 Câncer

Várias poeiras são agentes carcinogênicos confirmados, por exemplo: amianto (particularmente crocidolita), que pode causar câncer pulmonar e mesotelioma; sílica cristalina livre (IARC, 1997); cromo hexavalente e certos cromatos; arsênio (elementar e seus compostos inorgânicos); partículas contendo hidrocarbonetos aromáticos policíclicos e certas poeiras contendo níquel. Algumas poeiras de madeira têm sido reconhecidas como causadoras de câncer nasal (IARC, 1995). Partículas radioativas depositadas expõem os pulmões a doses importantes de radiação ionizante, que podem causar carcinoma do tecido pulmonar, ou elas podem ser transportadas dos pulmões e causar danos em outras partes do corpo. Os agentes carcinogênicos solúveis podem representar um risco tanto para os pulmões como para outros órgãos. Deve ser mencionado que, no caso de câncer de pulmão, a fumaça de cigarro constitui um agente causal não ocupacional confirmado. Além disso, existe um forte efeito sinérgico entre a fumaça de cigarro e certas poeiras suspensas no ar, como o asbesto por exemplo, que potencializa enormemente o risco. Por essa razão, qualquer estratégia de controle significativa para evitar a exposição ocupacional deve estar vinculada a alguma campanha de combate ao tabagismo.

Os cânceres causados pelo amianto, particularmente o mesotelioma, têm sido claramente relacionados a ocupações como a manutenção de edifícios, onde a exposição é incidental e poderia ser esperada como sendo baixa (Peto et al.,1995). Isso tem implicações claras para o "reconhecimento" do risco: pode existir um risco de câncer associado ao amianto onde pessoas estão trabalhado com materiais contendo amianto na manutenção de edifícios.

O estabelecimento de relação de causa-efeito entre produtos químicos no ambiente de trabalho e câncer é complicado por fatores que incluem: o lapso de tempo entre a exposição e a manifestação da doença; a multiplicidade de agentes aos quais os trabalhadores estão expostos antes do aparecimento do câncer; e o fato que cânceres de causas ocupacionais e não ocupacionais são muitas vezes idênticos do ponto de vista da patogênese.

2.2.5 Cardiopatias isquêmicas

As poeiras podem ter efeitos à saúde em outros órgãos além dos pulmões. Vários estudos recentes encontraram efeitos sobre doenças cardiovasculares relacionados à exposição à poeira (Seaton et al., 1995). Há uma possível associação entre exposição ocupacional a poeira e cardiopatias isquêmicas (CI) (Sjögre, 1997).

2.2.6 Intoxicação sistêmica

Algumas poeiras de produtos químicos podem penetrar o organismo e passar para a corrente sanguínea e daí são transportadas para todo o organismo exercendo a ação tóxica sobre um ou mais órgãos ou sistemas, e.g., rins, fígado e sangue. A intoxicação sistêmica pode ser aguda (i.e., acometimento rápido e de curta duração) ou crônica (de longa duração e usualmente de acometimento lento), dependendo do tipo de produto químico e do grau de exposição. Poeiras metálicas tóxicas– tais como chumbo, cádmio, berílio e manganês – podem causar intoxicações sistêmicas, afetando o sangue, os rins ou o sistema nervoso central. Embora seja menos comum, certas poeiras tóxicas podem entrar no organismo por absorção cutânea, e.g. cristais de pentaclorofenol podem se dissolver no suor e penetrar facilmente através da pele intacta.

Existem algumas poeiras de madeira, que também podem ser tóxicas se inaladas ou ingeridas, por exemplo: cetim do leste indiano, ipê, madeira condensada sul africana usada para fabricação de caixas. As toxinas de madeira geralmente são alcalóides.

2.2.7 Doença por exposição a metais duros

A exposição excessiva a certas poeiras de metais duros (e.g., cobalto ou carbeto de tungstênio) ou poeiras que contenham metais duros, pode levar a fibrose pulmonar difusa, com dispnéia crescente. Casos severos podem progredir mesmo depois que a exposição tenha cessado. Esta doença é muitas vezes complicada com asma ocupacional.

2.2.8 Irritação e lesões pulmonares inflamatórias

Embora a ampla maioria das irritações dos sistemas respiratórios esteja associada a gases e vapores, elas podem ser causadas por partículas suspensas no ar. Certas poeiras têm efeitos irritativos sobre o sistema respiratório superior e podem produzir bronquite crônica a partir da irritação contínua, que pode levar a enfisema crônico. A exposição a poeiras irritantes também pode resultar em traqueítes e bronquites, pneumonites e edema pulmonar. As partículas suspensas no ar e irritantes incluem: berílio (pneumonite química aguda), pentóxido de vanádio, cloreto de zinco, hidretos de boro, compostos de cromo, manganês, cianamida, anidrido ftálico, poeiras de alguns pesticidas e algumas poeiras vegetais.

As poeiras vegetais tais como poeira de chá, de arroz e outras poeiras de grãos podem causar desordens pulmonares tais como obstrução crônica das vias aéreas e bronquite. Algumas dessas condições são freqüentemente relatadas como sendo febre de moinho.

2.2.9 Respostas alérgicas ou de sensibilização

Algumas poeiras causam reações alérgicas ou de sensibilização, tanto no sistema respiratório (semelhante a asma) como na pele (urticárias e erupções). A maioria dos sensibilizantes tem um efeito gradual, que somente aparece semanas ou até mesmo anos após a exposi-

ção ter sido iniciada. O sensibilizante induz certas mudanças celulares específicas de modo que, depois de um período de latência, qualquer contato posterior pode resultar em uma reação alérgica aguda. Cobalto, por exemplo, pode causar efeitos asmáticos que podem ser incapacitantes.

As duas principais doenças respiratórias do tipo alérgico causadas por exposição ocupacional a partículas são a asma ocupacional e a alveolite alérgica extrínseca. A **asma ocupacional** pode ser causada por certas poeiras de grãos, farinha ou poeiras de madeira (e.g. bordo africano, cedro vermelho, carvalho, mogno), metais (e.g., cobalto, platina, cromo, vanádio, níquel). A **alveolite alérgica extrínseca**[10] é causada por fungos (e seus esporos) que crescem em outros materiais, particularmente sob condições úmidas. Essa é a causa do "pulmão de fazendeiro", da bagaçose, da suberose e de outros tipos, como está exemplificado na Tabela 2-1.

Tabela 2-1 – Exemplos de alveolites alérgicas extrínsecas

Doença	Agente
Pulmão de fazendeiro	Grãos mofados, palha, feno *(Micropolyspora faeni, Thermoactinomyces vulgaris)*
Suberose	Poeira de cortiça.
Bagaçose	Cana de açúcar mofada *(Thermoactinomyces vulgaris)*
Doenças de tratadores de malte	Cevada mofada (*Aspergillus*)
Doença do trigo	Farinha de trigo *(Sitophilus granarius)*

2.2.10 Infecção (perigos biológicos)

A inalação de partículas contendo fungos, vírus ou bactérias patogênicos pode ter papel na transmissão de doenças infecciosas. Por exemplo, o carbúnculo – uma doença séria e freqüentemente fatal – é resultante da inalação de poeiras de produtos animais (e.g., ossos, lã ou pele) contaminada com o bacilo do carbúnculo [antraz]. A forma de carbúnculo pulmonar altamente perigosa é rara. A forma mais comum de carbúnculo ocorre através do contato com a pele.

Exposições a concentrações intensas de poeiras orgânicas (contaminadas com microorganismos) podem levar a doenças pulmonares e sistêmicas sérias, tais como a *síndrome tóxica de poeira orgânica* (STPO)[11]. O NIOSH estima que 30-40% dos trabalhadores expostos a tais poeiras orgânicas irão desenvolver STPO (NIOSH, 1994).

[10] Esse grupo de doenças atualmente é denominado de pneumonias por hipersensibilidade. [Nota do tradutor].

[11] A sigla em Inglês é ODTS – *organic dust toxic syndrome* [Nota do tradutor]

Na tabela 2-2 estão apresentados exemplos de efeitos à saúde resultantes da exposição a certo número de poeiras suspensas no ar.

Tabela 2.2 – Exemplos de efeitos à saúde [devido à exposição a poeira suspensa no ar].

Tipo de poeira	Principal efeito à saúde	Órgão alvo	Fração de interesse
Sílica cristalina livre.	Silicose (fibrose pulmonar); doença pulmonar restritiva progressiva e irreversível; também carcinogênica.	Pulmões, região de troca gasosa, alvéolo.	Fração respirável.
Poeira de carvão.	Pneumoconiose de minerador de carvão; doença pulmonar restritiva.	Pulmões; região de troca gasosa; alvéolo.	Fração respirável.
Amianto.	Asbestose; câncer pulmonar; mesotelioma.	Pulmões; região bronquial e de troca gasosa	Fração torácica e respirável.
Poeira contendo chumbo.	Intoxicação sistêmica (sistemas sanguíneo e nervoso central).	Através do sistema respiratório para a corrente sanguínea.	Fração inalável.
Manganês.	Intoxicação sistêmica (sistemas sanguíneo e nervoso central).	Através do sistema respiratório para a corrente sanguínea.	Fração inalável
Poeiras de madeira.	Certas poeiras duras causam câncer nasal.	Vias aéreas nasais.	Fração inalável.
Poeira de algodão.	Bissinose. Doença-pulmonar obstrutiva.	Pulmões.	Fração torácica.
Poeira de cana de açúcar seca.	Bagaçose (alveolite alérgica extrínseca).	Pulmões.	Fração respirável.
Poeira de cimento.	Dermatose.	Pele.	Partícula de qualquer tamanho.
Pentaclorofenol.	Intoxicação sistêmica.	Através da pele para a corrente sanguínea.	Partícula de qualquer tamanho.

2.2.11 Outras fontes de informação relativas a efeitos à saúde

Para informações adicionais sobre os efeitos à saúde, veja por exemplo ILO (1997), Klaassen (1995), Levy e Wegman (1995) e NIOSH (1997). As doenças pulmonares ocupacionais têm sido discutidas de forma específica e completa por Parkes (19994), Levy e Wegman (1995, capítulo 22) e Wagner (1998).

Revistas ou periódicos profissionais relevantes (veja Capítulo 11) são muito úteis porque trazem informações atualizadas para os leitores. Por exemplo, os efeitos à saúde resultantes da exposição à sílica cristalina foram exaustivamente discutidos durante uma conferência internacional (ACGIH, 1995). Duas conferências subseqüentes (ACGIH, 1996 e 1997) discutiram, respectivamente, as indústrias da mineração e a saúde dos mineiros.

Um grande número de fontes de informação internacionais relevantes está disponível (IARC, ILO-CIS, IPCS, UNEP-IRPTC), assim como há várias possibilidades de acesso eletrônico e informação *online* (detalhes adicionais e endereços relevantes serão apresentados no Capítulo 11). O IPCS e várias organizações nacionais publicam periodicamente documentos com normas ou documentos de avaliação de riscos sobre perigos ou fatores de risco específicos.

2.3 Exemplos de prevalência de doenças relacionadas à poeira

Embora não existam estatísticas globais sobre doenças ocupacionais, levantamentos e estudos em diferentes países têm demonstrado a alta prevalência do comprometimento da saúde entre grupos de trabalhadores expostos excessivamente a perigos conhecidos. Alguns dados publicados sobre a prevalência de silicose, bissinose e intoxicação por chumbo, são apresentados, como exemplos.

Metadilogkul *et al*. (1988) relataram que em aldeias no norte Tailândia, chamadas de "aldeias das viúvas", um grande número de trabalhadores que fabricam almofariz-e-pistilo morrem precocemente de silicose. A situação não deve ser muito melhor do que aquela que foi observada nas minas das montanhas dos Cárpatos e descrita por Agrícola séculos atrás quando ele escreveu que "foram encontradas mulheres que tinham se casado com sete maridos, todos eles arrebatados à morte prematura por essa doença devastadora [mais provavelmente sílico-tuberculose]".

Um estudo na Índia (Durvasula, 1990) relatou a prevalência de silicose entre trabalhadores contratados na lavra de rocha sedimentar de xisto e trabalho subseqüente em barracões insuficientemente ventilados, como se segue: "Os adultos permanecem cerca de 14 anos nesse ofício e são freqüentemente substituídos por seus filhos que ficam severamente doentes em 5 anos. A estimativa é que 150 morrem todo ano e cerca de 3500 morreram nos últimos 25 anos. A prevalência de silicose é de 54,65%, com 50% de homens silicóticos com menos de 25 anos de idade". O mesmo autor relata, em pequenas cerâmicas, níveis de poeira respirável que excedem 25 a 90 vezes o limite de exposição ocupacional então recomendado pela American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) e uma prevalência de silicose de 31%.

Trabalhadores silicóticos que confeccionavam lápis na Índia Central (Saiyed e Chatterjee, 1985) foram acompanhados por 16 meses. Foi demonstrado que 32% progrediram e a mortalidade era alta. A idade média dos trabalhadores que morreram era de 35 anos e a duração média da exposição, de 12 anos.

Estudos realizados na Malásia (Singh, 1977) demonstraram que a prevalência de silicose era de 25% entre trabalhadores de pedreira e 36% entre fabricantes de lápides. Na mineração

de diatomito no Quênia, Kurppa et al. (1985) demonstraram que 40 a 50% dos trabalhadores tinham silicose após 20 anos de exposição.

Estudos realizados na América Latina demonstraram que a prevalência de silicose era de até 37% entre mineiros (PAHO, 1990). Dados do "Instituto Salud y Trabajo", em Lima, indicam que no distrito mineiro de Morococha a prevalência de pneumoconioses entre mineiros é de 10-30%, dependendo da idade e duração da exposição. Entretanto, entre aqueles com mais de 50 anos de idade, a prevalência aumenta para 50%.

Num estudo realizado em pedreiras de granito no Brasil (Ribeiro Franco, 1978), foi encontrada prevalência de silicose (com confirmação de raio-X muito preciso) de 33% entre carregadores de caminhão (a mais elevada), seguida por 19% entre britadores, e 18% entre operadores de martelete.

A silicose também é um problema em países industrializados: por exemplo, nos EUA, de acordo com Robert B. Reich[12], "todo ano mais de 250 trabalhadores nos Estados Unidos morrem de silicose, uma doença pulmonar incurável e progressiva, causada pela exposição excessiva à poeira contendo sílica cristalina livre. Outras centenas tornam-se incapacitados por essa doença. Todos esses casos são uma tragédia desnecessária, porque a silicose é absolutamente evitável." Um exemplo é fornecido por Wiesenfeld e Abraham (1995), que relataram uma "epidemia de silicose acelerada" entre jateadores de areia na West Texas Oilfield, onde "as condições de trabalho eram extremamente poeirentas, pouca ou nenhuma proteção respiratória era fornecida... Os trabalhadores executavam suas atividades no meio de um aerossol tão denso que eles nem conseguiam enxergar direito" (Abraham e Wiesenfeld, 1997).

Um estudo sobre intoxicação por chumbo, realizado na Malásia (Wan, 1976), revelou que mais de 76% dos trabalhadores de uma fábrica de baterias chumbo-ácido tinham níveis de chumbo no sangue excessivamente elevados, enquanto que 37,3% apresentavam níveis elevados de concentração de ALA-urinário. Durvasula (1990) também relatou elevada prevalência de intoxicação por chumbo no mesmo setor industrial, com 67% dos trabalhadores apresentando sintomas clínicos.

Um estudo realizado na Índia demonstrou prevalência de bissinose de 29%; estudos realizados no Egito, prevalência de 26-38%, em particular nas unidades de descaroçamento de algodão. Em cinco unidades de descaroçamento de algodão no Sri Lanka, 17% dos trabalhadores apresentavam bronquite crônica enquanto 77,8% tinham sintomas de febre do moinho (Uragoda, 1977). Um estudo entre misturadores de chá no Sri Lanka (Uragoda, 1980) demonstrou que 25% dos trabalhadores tinham bronquite crônica e 6% sofriam de asma.

O impacto à saúde devido à exposição à serragem, em trabalhadores de 59 serrarias no sudoeste da Nigéria, foi estudado (Fatusi e Erbabor, 1996) e os resultados mostraram uma prevalência elevada de sintomas respiratórios, principalmente tosse, dores no peito e produção de escarro. Além disso, observou-se prevalência elevada de conjuntivite e irritação

[12] Secretário do Trabalho, EUA, no prefácio do livreto "*A guide to working safely with silica: If it's sílica, it's not just dust* [Um guia para trabalhar de forma segura com sílica: se é sílica, não é apenas poeira]". US Dept of Labour and NIOSH.

da pele entre os trabalhadores. Esse estudo realçou a necessidade de melhorar os métodos de controle da poeira nas fábricas com elevados níveis de poeiras, particularmente nos países em desenvolvimento.

2.4 Segurança e outras questões

2.4.1 Perigos de incêndio e explosão

Uma nuvem de poeira de um material combustível se comporta de forma similar a um gás inflamável misturado com o ar na sua habilidade de propagar a chama, se a concentração for suficiente. Em um espaço confinado ela pode produzir uma explosão. As ondas de pressão da explosão inicial podem lançar a poeira depositada no ar na presença da chama que avança, de maneira que a explosão poderia se estender além da nuvem de poeira original, na forma de uma explosão "secundária".

As questões de segurança estão além do escopo deste manual, mas está claro que devem ser consideradas nos locais de trabalho. Aqui, serão apresentadas considerações breves sobre esse perigo e respectivas medidas de controle. Para informações adicionais, consulte publicações especializadas, tal como HSE (1994).

Os incêndios e explosões causados por poeiras na presença de uma fonte de ignição dependem de vários fatores incluindo os seguintes.

Materiais

Poeiras combustíveis típicas que podem ser derivadas de:

- materiais naturais, e.g. madeira, resinas, papel, borracha, drogas, açúcar, carvão, amido, farinha;
- materiais sintéticos, e.g., pigmentos, plásticos, hexamina e praticamente todos os compostos de carbono;
- materiais inorgânicos, e.g., enxofre, ferro, magnésio, alumínio e titânio.

Conseqüentemente, perigos potenciais existirão no trabalho agrícola; nas indústrias químicas, metalúrgicas e de transformação; nos moinhos de trigo e na mineração de carvão dentre outros. As poeiras minerais inorgânicas não são combustíveis e, portanto, não são suscetíveis a explosão. Na mineração de carvão elas são usadas, de fato, para a supressão da explosão.

Risco e fontes de ignição

Em geral, existe risco elevado de explosão quando as concentrações da poeira combustível excedem a 10 g/m^3. Fontes de ignição incluem incêndios acidentais; operações envolvendo o uso de chama, calor radiante, faíscas que se originam de equipamentos elétricos, eletricidade estática e a presença de metais ferrosos e seixos nos materiais que estão sendo processados. Elas podem dar início a explosões gasosas, que levantam poeiras sedimentadas no ar e produzem explosões de poeiras.

Uma temperatura mínima é necessária para que ocorra ignição e nuvens explosivas podem sofrer ignição em recintos fechados a temperaturas acima de 400 °C. A eletricidade estática é de interesse especial porque está associada às propriedades da nuvem em si. Detalhes sobre as condições em que acontece a ignição de nuvens de poeiras por descarga eletrostática têm sido discutidos na literatura especializada (HSE, 1994).

Características da poeira no ar

Para que uma explosão ocorra em uma mistura poeira-ar, a concentração da poeira deve estar acima do limite inferior de explosividade. O tamanho da partícula tem um papel importante na explosão de poeiras: quanto mais fina, maior será a probabilidade de uma explosão. Características tais como os limites inferiores de inflamabilidade das poeiras combustíveis, ou características explosivas de poeiras, são encontradas na literatura especializada.

Teor de umidade

O elevado teor de umidade de uma poeira e uma elevada umidade relativa do ar podem prevenir a ignição e, conseqüentemente, a inflamação. A presença de umidade é de importância óbvia na prevenção da eletricidade estática e na propagação da chama.

As medidas de controle para evitar incêndios e explosões seguem os princípios gerais da prevenção de ignição; o isolamento e limpeza de máquinas nas quais podem existir poeiras; e a instalação de atenuadores de explosão, que incluem a mistura de materiais inertes (*stone-dusting*) para prevenir a propagação da chama. A principal preocupação deve ser a prevenção da formação de nuvens de poeiras explosivas. No manuseio de pós e no equipamento de armazenamento de pó, isso pode ser alcançado na prática através da introdução de gases não combustíveis como dióxido de carbono e nitrogênio de modo a limitar o teor de oxigênio na atmosfera a níveis abaixo de 5% em volume. Projetos adequados para assegurar a construção de instalações impermeáveis a poeiras, a instalação de ventilação exaustora, a boa manutenção e limpeza reduzem significativamente o risco de incêndios e explosões envolvendo poeiras.

2.4.2 Outras questões

Nuvens de poeira na área de trabalho reduzem consideravelmente a visibilidade, e a poeira depositada pode causar escorregões. Portanto, a poeira aumenta o risco de acidentes. Ela também pode afetar a qualidade do produto e das matérias primas. A deposição de poeira sobre várias estruturas, máquinas e equipamentos pode resultar na degradação de materiais e na poluição ambiental. O aumento nos custos de limpeza e manutenção de máquinas pode ser apreciável, especialmente devido ao "desgaste" causado por algumas partículas duras ou corrosivas.

Referências para o Capítulo 2

Abraham, J. L.; Wiesenfeld, S. L. (1997). Two cases of fatal PMF in an ongoing epidemic of accelerated silicosis in oilfield sandblasters: lung pathology and mineralogy. In *Inhaled Particles VIII* (Cherry and Ogden, Eds.) Elsevier Science Ltd, Oxford, UK. ISBN 0-08-0427405.

ACGIH (1995). Proceedings of the International Conference on Crystalline Silica Health Effects: Current State of the Art. *Applied Occupational and Environmental Hygiene* 10(12).

ACGIH (1996). Proceedings of the 4th Symposium on Respirable Dust in the Mineral Industries. *Applied Occupational and Environmental Hygiene* 11(7).

ACGIH (1997). Proceedings of the Second International Conference on the Health of Miners. *Applied Occupational and Environmental Hygiene 12*(12).

Ayer, H. E.; Dement, J. M.; Busch, K. A.; Ashe, H. B.; Levadie, B. T. H.; Burgess, W. A.; DiBerardinis, L. (1973). A monumental study – reconstruction of an 1920 granite shed. *American Industrial Hygiene Association Journal* 34:206-211.

Burdett, G. (1998). A comparison of historic asbestos measurements using a thermal precipitator with the membrane filter – phase contrast microscopy method. *Annals of Occupational Hygiene* 42(1): 21- 31.

Burgess, W. A. (1995). *Recognition of Health Hazards in Industry: A Review of Materials Processes*, 2nd Ed. J. Wiley and Sons, New York, N.Y. ISBN 0-471-57716-2. (Também disponível em Português: *A identificação de possíveis riscos à saúde dos trabalhadores nos diversos processos industriais.* Belo Horizonte: Ergo Editora, 1997).

Burgess, W. A.; Ellenbecker, M.J.; Treitman, R. T. (1989). *Ventilation for Control of the Workplace Environment.* John Wiley and Sons, New York, USA. ISBN 0-471-89219-X.

Chung, K. C. (1998). Development of occupational hygiene in Korea. *Occupational Hygiene Magazine* 9:14-17 (ISSN 1366-3917).

Cowie, H. A.; Lorenzo, S.; Miller, B. G.; Love, R. G. (1992). *Estimating the Risks of Respiratory Symptoms Amongst Workers in the UK Wool Industry*. Report TM/92/07. Institute of Occupational Medicine, Edinburgh, UK.

de Vreede, J. A. F.; Brouwer, D. H.; Stevenson, H.; van Hemmen, J. J. (1998). Exposure and risk estimation of pesticides in high-volume spraying. *Annals of Occupational Hygiene* 42(3):151-157.

Durvasula, R. (1990). Occupational health information systems in developing countries – India, a case study, presented at the *IV Takemi Symposium in International Health – Working Populations and Health in the Third World: Problems and Policies*, 29 September – 1 October 1990, Harvard School of Public Health, Boston, USA.

Fang, M. (1996). An effective dust abatement system for hand-dug caissons. *Applied Occupational and Environmental Hygiene* 11(3):181-186.

Fatusi, A.; Erbabor, G. (1996). Occupational health status of sawmill workers in Nigeria. *Journal of the Royal Society of Health* 116(4):232-236.

Garrod, A. N. I.; Rimmer, D. A.; Robertshaw, L.; Jones, T. (1998). Occupational exposure through spraying remedial pesticides. *Annals of Occupational Hygiene* 42(3):159-165.

Heyder, J.; Gebhart, J.; Rudolf, G.; Schiller, C. F.; Stahlhofen, W. (1986). Deposition of particles in the human respiratory tract in the size range 0.005-155: m", *Journal of Aerosol Science* 17:811-825.

HSE (1994). *Safe Handling of Combustible Dusts: Precautions against Explosion*, HS(G) 103. Health and Safety Executive, UK. ISBN 0-7176-0725-9.

IARC (1995). *Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans: Volume 62: Wood Dust and Formaldehyde*. International Agency for Research on Cancer, 150 Cours Albert Thomas, F-69372 Lyon Cédex 08, France.

IARC (1997). *Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans: Volume 68: Silica, Some Silicates, Coal Dust and Para-aramid Fibrils,* International Agency for Research on Cancer, Lyon, France. ISBN 92-832-1268-1.

ILO (1997). *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety.* International Labour Organization, 1211 Geneva 22, Switzerland. ISBN 92-2-109203-8.

Jones, C. O. (1979). "A comparison of airborne dust concentrations in the South Wales coalfield in the period 1943-1975. *The Mining Engineer*, May 1979, 847-859.

Klaassen, C. D. (Ed.) (1995). *Casarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons*, 5th edition. ACGIH, Cincinnati, OH, USA. ISBN 0-07-105476-6.

Kurppa, K. W. D. O. et al. (1985). Research on occupational health problems in Kenyan industries: Diseases caused by calcined diatomite, asbestos, cotton and lead. In: *Proceedings of the First ILOFinnish-Tanzanian Symposium on Occupational Health, Tanzania, October 1984*, Tuppurainen M, Kurppa K, editors. International Labour Organization; Ministry of Labor and Manpower Development, Tanzania; and Institute of Occupational Health, Helsinki, Finland.

Levy, B. S.; Wegman, D. H. (1995). *Occupational Health: Recognizing and Preventing Work-related Disease*, 3rd edition. Little, Brown and Company, USA. ISBN 0-316-5271-6.

Maguire, B. A.; Saunders, E.; Harris, G. W. (1975). Respirable dust sampling in British quarries. *Staub – Reinhaltung der Luft* 35(11):397-400.

Metadilogkul, O. et al. (1988). Silicosis among mortar and pestle workers in Northern Thailand: a cross-sectional study. *Journal of the Medical Association of Thailand* 71:533-536.

Nieuwenhuijsen, M. J.; Noderer, K. S.; Schenker, M. B.; Vallyathan, V.; Olenchock, S. (1999). "Personal exposure to dust, endotoxin and crystalline silica in Californian agriculture. *Annals of Occupational Hygiene* 43(1):35-42.

NIOSH (1994). *Request for Assistance in Preventing Organic Dust Toxic Syndrome.* US Department of Health and Human Services, Public Health Service, CDC, 1994; DHHS publication nº (NIOSH) 94-102.

NIOSH (1997). *NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards*, US Dept. of Health and Human Services, CDC, National Institute for Occupational Safety and Health, USA. PAHO (1990). *Country Reports: Subregional Meeting on Workers' Health in the Countries of the Andean Area*, Lima, Peru. Pan American Health Organization.

Parkes, W. R. (1994). *Occupational Lung Disorders*, 3rd. edition. Butterworth-Heinemann, UK.

Peto, J.; Hodgson, J. T.; Matthews, F. E.; Jones, J. R. (1995). Continuing increase in mesothelioma mortality in Britain. *The Lancet* 345 (8949):535-539.

Ribeiro Franco, A. (1978). *Silicose Pulmonar Nos Trabalhadores em Pedreiras*, Revista Brasileira de Saúde Ocupacional, FUNDACENTRO, São Paulo, Brasil.

Rudolf, G.; Gebhart, J.; Scheuch, G.; Stahlhofen, W. (1988). Mass deposition from inspired polydisperse aerosols. *Annals of Occupational Hygiene* 32(suppl. 1):919-938.

Saiyed, H. N.; Chatterjee, B. B. (1985). Rapid progression of silicosis in slate pencil workers: II. A follow-up study. *American Journal of Industrial Medicine* 8:138-142.

Seaton, A.; MacNee, W.; Donaldson, K.; Godden, D. (1995). Particulate air pollution and acute health effects. *The Lancet* 345:176-78.

Simpson, J. C. G.; Niven, R. M.; Pickering, C. A. C.; Oldham, L. A.; Fletcher, A. M.; Francis, H. C. (1999). Comparative personal exposures to organic dusts and endotoxin. A*nnals of Occupational Hygiene* 43(2):107-115.

Singh, A. (1977). The prevalence of silicosis among granite quarry workers of the government sector in Peninsular Malaysia. *Medical Journal of Malaysia* 31:277-280.

Sjögren, B. (1997). Occupational exposure to dust: inflammation and ischaemic heart disease. *Occupational and Environmental Medicine* 54:466-69.

Swuste, P. H. J. J. (1996). *Occupational Hazards, Risks and Solutions*. PhD thesis. Delft University Press, Delft, The Netherlands.

Swuste, P.; Kromhout, H.; Drown, D. (1993). Prevention and control of chemical exposures in the rubber manufacturing industry. *Annals of Occupational Hygiene* 37(2):117-134.

Teschke, K.; Demers, P. A.; Davies, H. W.; Kennedy, S. M.; Marion, S. A.; Leung, V. (1999). Determinants of exposure to inhalable particulate, wood dust, resin acids, and monoterpenes in a lumber milling environment. *Annals of Occupational Hygiene* 43(4):247-255.

Thorpe, A.; Ritchie, A. S.; Gibson, M. J.; Brown, R. C. (1999). Measurements of the effectiveness of dust control on cut-off-saws used in the construction industry. *Annals of Occupational Hygiene*, 43(7):443-456.

Uragoda, C. G. (1977) An investigation into the health of kapok workers. *British Journal of Industrial Medicine* 34:181-185.

Uragoda, C. G. (1980). Wheat miller's asthma in Sri Lanka. *Thorax* 35:114-117.

Wagner, G. R. (1998). Preventing neumoconiosis and eliminating silicosis: opportunities and illusions." In: *Advances in the Prevention of Occupational Respiratory Diseases*, Proceedings of the 9th International Conference on Occupational Respiratory Diseases, Kyoto, Japan, 13-16 October 1997, Chiyotani K, Hosoda Y, Aizawa Y, editors. Elsevier.

Wan, K. C. et al. (1976). *A Study on Occupational Exposure to Inorganic Lead at a Battery Manufacturing Factory in Petaling Jaya*, Report on Working Conditions and Environment in Factories. Kuala Lumpur: Factories and Machinery Department.

Wiesenfeld, S. L.; Abraham, J. L. (1995). Epidemic of accelerated silicosis in Texas sandblasters. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 151:A710.

Zock, J-P.; Heederik, D.; Kromhout, H. (1995). Exposure to dust, endotoxin and micro-organisms in the potato processing industry. *Annals of Occupational Hygiene* 39(6):841-854.

Zou, C.; Gao, Y.; Ma, Q. (1997). Pneumoconiosis in China: Current situation and countermeasures. *Asian-Pacific Newsletter on Occupational Health and Safety* 4(2):44-49.

CAPÍTULO 3
CONTROLE DA POEIRA E BOA GESTÃO

3.1 Considerações gerais

É tentador considerar o controle de poeira apenas como um problema técnico, que pode ser solucionado com uns poucos instrumentos e possivelmente com algum moderno equipamento de ventilação. Entretanto, pesquisas recentes em segurança e saúde no trabalho têm dado ênfase crescente à gestão de riscos. Por essa razão, este capítulo considera como as abordagens de gestão afetam o controle do risco no local de trabalho. Os capítulos subseqüentes tratam de abordagens detalhadas para a avaliação e controle da poeira, mas elas provavelmente não serão efetivas, a não ser que as melhores práticas de gestão também sejam implementadas.

As explicações clássicas para os acidentes, tanto em termos de deficiências técnicas como de falhas humanas vêm perdendo terreno. Isto foi desencadeado pelas análises de alguns acidentes ampliados em indústrias e serviços envolvendo tecnologias complexas e bem definidas, como a indústria nuclear, a indústria química ou petrolífera, assim como o transporte público (Bensiali et al, 1992; Department of Energy, 1990; Kjellèn, 1995; Kjellèn e Sklet, 1995; Reason, 1991; Salminem et al., 1993; Wilpert e Qvale, 1993). Nos relatórios de investigação de acidentes recentes a principal ênfase tem sido dada nas deficiências da gestão em assegurar que a planta ou atividade foi bem planejada, operada e mantida de uma maneira adequada com relação à segurança e saúde. O impacto dessas considerações sobre o campo da segurança e saúde no trabalho como um todo foi considerado em uma publicação da OIT (Brune et al., 1997).

As ações de regulamentação, estimuladas pela mudança de filosofia na legislação de segurança e saúde em estados membros da União Européia, e pela Diretiva da Estrutura Européia de 1989, constituem razões adicionais para a atenção crescente que vem sendo dada à gestão de riscos (European Communities, 1989). Essa legislação tem se deslocado de assuntos detalhados de segurança e saúde para questões de tomada de decisão e gestão formuladas no âmbito de uma política de segurança e saúde. Os empreendimentos devem agora ser capazes de provar que têm planejado abordagens sistemáticas para os projetos e melhorias dos locais de trabalho e dos produtos.

A gestão de risco tem se tornado parte consciente e importante das responsabilidades da indústria. Exige-se dos empreendedores a prestação de contas de seus desempenhos em matéria de segurança e saúde, tanto para seus empregados como para vários órgãos regulamentadores e públicos. A indústria também tem se convencido cada vez mais de que faz sentido econômico analisar e planejar os aspectos de segurança, saúde e meio-ambiente de suas atividades com o mesmo nível de cuidado e sofisticação com que são tratados os aspectos da qualidade ou produtividade.

Vários modelos têm sido sugeridos para especificar e classificar os elementos necessários para uma gestão de riscos consistentes. A abordagem delineada a partir da Gestão da Qualidade, conforme foi desenvolvida nas últimas décadas em várias empresas e freqüentemente baseada na série ISO 9000 (ISO, 1987), usa o ciclo de Deming que é um modelo de quatro passos, representando um ciclo [*loop*] de retroalimentação [*feedback*], como se segue:

(1) **PLAN (Planejar);**

(2) **DO (Executar);**

(3) **CHECK (Verificar);**

(4) **ADJUST (Agir corretivamente).**

Este ciclo tem sido usado como fundamento para a identificação das ações necessárias para solucionar problemas de qualidade. Uma variante dessa abordagem é o ciclo de avaliação e controle de risco (Hale, 1985 e Hale *et al*, 1997) que pode ser usado para problemas de segurança, saúde e meio ambiente durante as operações da fábrica ou (re)planejamento de instalações ou linhas de produção. Esse ciclo também é conhecido como o "ciclo de solução de problema" (Tabela 3-1).

Tabela 3-1 – Ciclo de solução de problema

Condição atual – condição desejada (critérios, padrões, leis, política)

↓

Reconhecimento e definição do problema

↓

Análise do problema

↓

Estabelecimento de prioridades

↓

Geração da solução

↓

Escolha das soluções

↓

Implementação

↓

Monitoração e avaliação dos efeitos

↓

Planejamento para contingências

3.2 Estabelecimento de programas de prevenção e controle de riscos

A implementação de um programa exige o envolvimento e a cooperação da administração, do pessoal da produção, dos trabalhadores e dos profissionais de saúde ocupacional que incluem higienistas ocupacionais, médicos do trabalho, enfermeiras do trabalho, ergonomistas, entre outros.

A administração deve fornecer os recursos necessários e o apoio administrativo, mas terá o benefício de uma força de trabalho mais saudável e satisfeita além de uma produtividade aumentada. Os trabalhadores cuja saúde é preservada irão desfrutar de uma melhor qualidade de vida e maior produtividade. Na proteção da saúde dos trabalhadores, o governo atende a uma obrigação fundamental e promove o bem estar econômico do país.

As medidas de controle específicas não devem ser aplicadas de uma maneira *ad hoc*, mas integradas em programas de prevenção e controle abrangentes e bem administrados, os quais exigem:

- vontade política e tomada de decisão;
- comprometimento da alta administração;
- recursos humanos e financeiros adequados;
- conhecimento técnico e experiência;
- gerenciamento competente dos programas.

A tomada de decisão é baseada na vontade política e na motivação, que exigem consciência dos problemas e conhecimento de suas possíveis soluções, assim como a compreensão do seu impacto resultante para a saúde humana, meio ambiente e economia. Os tomadores de decisão devem estar cientes dos efeitos prejudiciais de perigos não controlados no local de trabalho, assim como das possibilidades de preveni-los e dos benefícios sociais e econômicos resultantes da prevenção.

Sempre que a gestão de risco não for incluída nas prioridades da alta administração e não for considerada tão importante quanto a produtividade e a qualidade, existirá muita pouca chance de que programas de prevenção e controle eficientes venham a ser implementados em um local de trabalho.

Uma boa gestão é construída a partir dos seguintes elementos:

- uma política oficial clara e bem divulgada;
- elaboração de instrumentos de gestão;
- implementação e uso desses instrumentos;
- monitoração do desempenho do sistema;
- melhoria contínua do sistema.

Nunca é demais enfatizar que uma abordagem multidisciplinar para planejar, implementar e manter estratégias de controle é extremamente importante. Somente através do esforço conjunto de todas as partes interessadas, e baseando-se nas ciências ambientais e médicas relevantes, é possível alcançar boa proteção para a saúde dos trabalhadores e para o meio-ambiente.

Um passo inicial deve ser a constituição de equipes multidisciplinares e a elaboração de mecanismos para um trabalho em equipe eficiente. Em vários países (e.g., Canadá), é mandatário o estabelecimento de comitês mistos de trabalhadores-administradores para a segurança e saúde no trabalho. Nesse momento, são essenciais a atribuição clara de responsabilidades e a disponibilização de recursos para as equipes e indivíduos, assim como o estabelecimento de linhas de comunicação internas e externas ao serviço.

3.3 Recursos exigidos

Mesmo que a necessidade de medidas de controle tenha sido estabelecida e a decisão para implementá-las tenha sido tomada, podem surgir dificuldades de ordem prática. Um dos obstáculos usuais é a carência de pessoal adequadamente capacitado. A prevenção e o controle de riscos exigem *know-how* [saber fazer] especializado, envolvendo tanto competência técnica (engenharia) como competência gerencial. A competência técnica incluiria, por exemplo, a seleção de tecnologias alternativas ou a elaboração de projeto de sistemas de ventilação industrial, e a competência gerencial, a integração de medidas específicas em programas eficientes.

Assim como em outras áreas da ciência e da tecnologia, o planejamento e a implementação de estratégias e medidas de prevenção e controle de riscos exigem a combinação de conhecimento e experiência. A formação acadêmica sem experiência pode conduzir a deficiências no projeto e no uso dos controles de riscos. Por outro lado, a experiência sem o conhecimento sólido pode ser não confiável e cara. A contratação de profissionais adequadamente capacitados e certificados pode fornecer maior confiança na prestação dos serviços necessários.

O conhecimento adequado é adquirido através da educação formal de longo prazo, da participação em cursos de curta duração e atividades de treinamento similares, do uso de materiais educacionais e do aconselhamento técnico com especialistas. Informações sobre as possibilidades de capacitação em tecnologia de controle podem ser obtidas junto a organizações nacionais e internacionais relevantes. A experiência pode ser adquirida, por exemplo, através de estágios e trabalhos práticos sob a supervisão de profissionais bem qualificados. A Organização Mundial da Saúde publicou uma revisão dos requisitos para a profissão de higienista ocupacional (WHO, 1992).

Os recursos devem ser alocados dentro de uma estrutura de prioridades, mantendo-se sempre o balanço necessário entre os diferentes componentes, isto é, instalações, recursos humanos, equipamento de campo e sistemas de informação, sem negligenciar os custos operacionais, incluindo a atualização dos sistemas de informação e a manutenção da competência da equipe. Muitos programas falham porque os custos operacionais não foram previstos de forma correta e realista.

3.4 Política clara e instrumentos de gestão

Uma política clara, discutida e bem compreendida por todas as partes interessadas é essencial. Os objetivos do programa, os passos a serem seguidos e os mecanismos disponíveis para a implementação devem ser claramente definidos e apresentados a todas as pessoas implicadas. O pessoal deve conhecer com o que se conta e o que é esperado de cada um. Objetivos inatingíveis e não realistas são muito frustrantes. A alta administração deve estar comprometida com a política e fornecer os meios necessários para a sua implementação.

Diferentes instrumentos ou ferramentas têm que ser desenvolvidos para implementar eficientemente a política oficial.

A lista seguinte, não exaustiva, fornece alguns exemplos dos elementos do sistema.

- Organização clara das responsabilidades e canais de comunicação.
- Procedimentos claros de trabalho:
  - procedimentos operacionais padrões;
  - manutenção, inspeção;
  - situações anormais / emergências.
- Programas de detecção e avaliação de riscos.
- Programas de recursos humanos:
  - seleção;
  - educação e treinamento;
  - informação;
  - manutenção da competência da equipe.
- Desenvolvimento de indicadores de desempenho:
  - riscos agudos;
  - riscos crônicos;
  - custo-benefício;
  - exigências legais e internas.
- Estabelecimento de programas de monitoração:
  - Internos;
  - externos (auditorias).
- Desenvolvimento de padrões harmonizados e coerentes:
  - saúde e segurança;
  - meio-ambiente;
  - qualidade.

- Desenvolvimento de processos internos:
  - melhoria contínua;
  - motivação da equipe;
  - sistemas "sentinela";
  - diretrizes.

Para o sucesso do programa de prevenção e controle de riscos, as medidas e as ações nunca devem ser impostas, mas, sim, discutidas com a participação ativa de todas as pessoas implicadas, isto é, profissionais de saúde ocupacional, pessoal da produção, administradores e trabalhadores. Se o programa deve ser continuamente eficiente em longo prazo, todos podem dar uma contribuição e fazer parte dele.

Para a abordagem de gestão de risco no âmbito do local de trabalho, a "escada da tomada de decisão" pode ser usada para analisar o processo de tomada de decisão relativa ao controle de fatores de risco nos locais de trabalho, assim como, para identificar onde os obstáculos ocorrem, ou, provavelmente ocorrerão, com a perspectiva de evitá-los. Os degraus da escada são:

1. Estar ciente do problema.
2. Aceitar que existe um problema.
3. Conhecer / descobrir a causa.
4. Encontrar / desenvolver a solução.
5. Aceitar a solução.
6. Conhecer o fornecedor (da solução).
7. Financiar [ou custear].
8. Implementar as medidas.
9. Avaliar [a eficácia].

Se for bem compreendido onde o obstáculo surgiu e por quê, é mais fácil superá-lo. Um estudo utilizando essa escada (Antonsson, 1991) demonstrou como obstáculos podem ocorrer em diferentes estágios do processo de tomada de decisão, exigindo assim diferentes estratégias para superá-los.

3.5 Melhoria contínua

Um sistema de gestão de riscos é um assunto complexo. Ele não permanece estático e tem que ser adaptado e ajustado às necessidades do local de trabalho em questão, assim como às mudanças no ambiente tecnológico e socioeconômico. A abordagem seguida pelos sistemas de gestão da qualidade e por programas de segurança e saúde no trabalho em diferentes países enfatiza a melhoria contínua dos sistemas de gestão.

É importante reavaliar periodicamente o sistema com um todo para verificar se ele ainda continua relevante e atualizado, ou se são necessários ajustes. O princípio do ciclo de Deming pode ser muito útil a esse respeito.

A equipe de trabalho, incluindo a participação dos trabalhadores é essencial, e deve ser estabelecida de forma adaptada ao porte e à cultura da empresa. A rigor, a cultura em si necessita muitas vezes de ser progressivamente modificada. Recorrer a consultores exter-

nos, que percebem as coisas objetivamente e não estão presos a "velhos hábitos", pode ser útil porque podem trazer novas idéias e abordagens criativas.

A gestão de riscos também ajuda a desenvolver uma cultura de prevenção ampla que pode ultrapassar o local de trabalho e ser benéfica para a comunidade como um todo.

Para assegurar a satisfação no trabalho e conseguir melhoria contínua, é necessário um sistema adequado para o reconhecimento de sucessos e falhas. As falhas devem ser analisadas criticamente, não com o objetivo de "encontrar o culpado", mas para indicar as possíveis fontes de erros e corrigi-los ou evitá-los. Os sucessos devem ser amplamente reconhecidos e celebrados. É importante usar "reforço positivo" que coloca mais valor nos sucessos do que nas falhas.

3.6 Monitoração do desempenho

Os programas devem ser periodicamente avaliados para assegurar a eficiência e a melhoria contínua. Diferentes indicadores podem ser usados, baseados nos dados colhidos por meio, por exemplo, da vigilância ambiental e da vigilância da saúde. Os indicadores devem ter relevância geral, científica e para o usuário.

3.6.1 Relevância geral dos indicadores

Os indicadores devem ser:

- baseados em relações conhecidas entre agentes ou fatores ambientais e de saúde;
- diretamente relacionados a questões específicas de saúde ocupacional que exigem ação;
- capazes de detectar mudanças, quer sejam nas condições do ambiente de trabalho, ou nos efeitos à saúde;
- capazes de detectar se a organização é competente para completar o ciclo de Deming.

3.6.2 Relevância científica dos indicadores

Os indicadores devem ser:

- imparciais, confiáveis e válidos;
- baseados em dados de qualidade conhecida e aceitável;
- não afetados por pequenas mudanças na metodologia ou nas escalas usadas nas suas construções;
- comparáveis ao longo do tempo e espaço.

3.6.3 Relevância para o usuário

Os indicadores devem ser:

- facilmente compreensíveis e aceitos por todas as partes interessadas;
- baseados em dados que estão prontamente disponíveis, facilmente coletados e de custo aceitável (*uma boa diretriz é "nunca gere dados somente para os indicadores, mas atenha-se a dados que sejam relevantes e úteis no nível em que são coletados"*);
- oportunos para a elaboração da política e tomada de decisão, ou adequados para monitorar a ação resultante.

3.6.4 Vigilância da saúde

Os resultados da vigilância da saúde podem servir como indicadores para a eficiência dos sistemas de controle. Entretanto, como já foi mencionado, a vigilância da saúde deve ser considerada como um complemento, mas nunca como substituta da prevenção primária.

Comunicação contínua, equipe de trabalho e intercâmbio de dados entre o pessoal de saúde e higienistas ocupacionais são essenciais para a avaliação completa dos riscos ocupacionais e para assegurar o acompanhamento adequado dos programas de prevenção e controle de riscos.

3.6.5 Vigilância ambiental

A monitoração contínua ou intermitente é uma maneira de se detectar qualquer alteração nas condições de exposição. Isto pode ser resultado, por exemplo, de: mudanças no processo ou nos materiais utilizados; ocorrências acidentais, tais como vazamentos, emissões fugitivas, avaria de válvulas; deficiências e falhas nos controles existentes. Os sistemas de monitoração devem ser escolhidos de modo que sejam "ajustados ao propósito", isto é, de suficiente qualidade e confiabilidade para justificar as decisões que são tomadas com base neles. Isso significa que instrumentos de leitura direta, assim como técnicas de "visualização" (e.g., monitoração da exposição com vídeo, lâmpadas de poeiras) têm larga aplicação nesse sentido.

Referências para Capítulo 3

Antonsson, A-B. (1991). *Decision-making in the Work Environment: A Focus on Chemical Health Hazards in Relation to Progressive Legislation.* Doctoral Thesis, Department of Work Science, The Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.

Bensiali, A.; Booth, R.; Glendon, A. (1992). Models for problem-solving in health and safety. *Safety Science* 15:183-205.

Brune, D.; Gerhardsson, G.; Crockford, G. W.; D'Auria, D.; Norbäck, D. (1997). *The Workplace. Vol 1. Fundamentals of Health, Safety and Welfare; Vol. 2 Major Industries and Occupations.* ILO, Geneva; Switzerland, and Scandinavian Science Publisher, Oslo, Norway. ISBN 82-91833-00-1.

Department of Energy (1990). *The Public Inquiry into the Piper Alpha Disaster* (Cullen report), HMSO, London.

European Communities (1989). Council Directive 89/391/EEC on the introduction of measures to encourage improvements in the safety and health of workers at work. *Official Journal of the European Communities* L183 **(**12 June 1989):1.

Hale, A. (1985). *The Human Paradox in Technology and Safety.* Inaugural Lecture, Safety Science Group, Delft University of Technology.

Hale, A.; Heming, B.; Carthy, J.; Kirwan, B. (1997). Modelling of safety management systems. *Safety Science* 26 (1/2):121-140.

ISO (1987). *International Standard 9001: Quality management – Model for quality assurance in design, development, production, installation and servicing. International Standard 9002: Quality management – Model for quality assurance in production and installation. International Standard 9003: Quality management – Model for quality assurance in final inspection and test. International Standard 9004: Quality management – Model for quality assurance and quality system elements.* International Organization for Standardization, Geneva.

Kjellèn, U. (1995). Integrating analysis of the risk of occupational accidents into the design process – Part II: Method for prediction of the LTI rate. *Safety Science* 19:3-18.

Kjellèn, U.; Sklet, S. (1995). Integrating analysis of the risk of occupational accidents into the design process Part I: A review of types of acceptance criteria and risk analysis methods. *Safety Science* 18:215-227.

Reason, J. (1991). Near miss reporting: too little and too late. In: *Near Miss Reporting as a Safety Tool*, Lucas D, van der Schaaf T, Hale, T (editors), Butterworth, Oxford.

Salminen, S.; Saari, J.; Saarela, K.; Rèsnen, T. (1993). Organizational factors influencing serious occupational accidents. *Scandinavian Journal of Work Environment and Health* 19:352-357.

WHO (1992). *Occupational Hygiene in Europe – Development of the Profession*. European Occupational Health Series nº 3. World Health Organization, Geneva.

Wilpert, B.; Qvale, T. (editors) (1993). *Reliability and Safety in Hazardous Work Systems. Approaches to Analysis and Design.* Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, NJ, USA.

CAPÍTULO 4
RECONHECIMENTO E AVALIAÇÃO DO PROBLEMA: A ABORDAGEM SISTEMÁTICA

O reconhecimento dos riscos envolve o estudo dos processos de trabalho para identificar a possível geração e liberação de agentes que possam representar perigos para a saúde e segurança. Ele é uma etapa fundamental na prática da higiene ocupacional. A maioria da instrumentação mais sofisticada não pode compensar um reconhecimento negligente ou descuidado. Riscos não reconhecidos não serão nem avaliados nem controlados (Goelzer, 1997).

Um risco não reconhecido nunca pode ser controlado.

O reconhecimento exige fundamentos básicos resumidos nos capítulos 1 e 2. Aplicá-los no local de trabalho já exige uma abordagem sistemática, que consiste na reunião de informações e na inspeção do local de trabalho, não necessariamente envolvendo medição. Entretanto, uma avaliação quantitativa dos riscos e das medidas de controle pode ser posteriormente necessária. Essas etapas são resumidas neste capítulo. Diretrizes sobre esse assunto têm sido estabelecidas, tanto em âmbito internacional, e.g. European Standard EM 689 (CEN, 1994), como em âmbito nacional (e.g. HSE, 1997a).

4.1 Metodologia para o reconhecimento dos riscos

O reconhecimento adequado dos riscos exige o conhecimento dos processos e das operações de trabalho, das matérias primas e produtos químicos usados ou gerados, dos produtos finais e sub-produtos, assim como a compreensão das possíveis interações entre agentes do local de trabalho e o organismo humano, e os danos à saúde humana associados. Alguns aspectos foram sumarizados nos Capítulos 1 e 2, mas, para maiores detalhes, veja Burgess (1995); ILO (1997); Patty/Clayton and Clayton (1991, 1993/1994). Patty/ Harris et al. (1994); Patty/Cralley et al. (1995).

Os passos para um reconhecimento adequado dos riscos são:

- coleta inicial de informação sobre o processo em questão e os riscos potenciais associados, a partir da literatura e/ou de levantamentos prévios, se houver algum;

- visita efetiva ao local de trabalho para observação detalhada, usualmente denominada como levantamento exploratório [*"walk-through" survey*];
- análise subseqüente das observações.

O primeiro passo é a coleta de informação para otimizar as observações efetivas. Para evitar que sejam negligenciados riscos potenciais durante o levantamento exploratório (veja abaixo), é importante obter uma lista das matérias primas e produtos químicos adquiridos pela fábrica, assim como as respectivas taxas de consumo (semanal ou mensal) e informações sobre como e onde cada uma delas é usada.

A coleta de informações sobre os fatores de riscos irá continuar durante o levantamento preliminar exploratório. Os recipientes em áreas de estocagem devem ser examinados (Goelzer, 1997). Também é necessário inspecionar minuciosamente produtos, sub-produtos e resíduos, todos os quais podem tanto contribuir como podem ser fonte de poeira. Entretanto, o levantamento exploratório também irá revisar como os materiais estão sendo usados, que potencial existe para a dispersão no ar (ou outra exposição), quais são as medidas de controle existentes (se existe alguma), e em que extensão elas parecem estar funcionando efetivamente.

As perguntas as serem feitas durante a obtenção de informação e levantamento exploratório podem incluir as seguintes:

- Que substâncias são usadas?
- Em que quantidade elas são usadas?
- Qual é a toxicidade de cada uma delas?
- Qual o grau de pulverulência de cada uma delas?
- Se uma etapa do processo gera poeira, ela é necessária? E se for, ela pode ser feita de outra forma?
- O processo é completamente fechado? Se não for, quais são as fontes de emissão mais significativas?
- Existe ventilação local exaustora (VLE) nesses pontos?
- A VLE parece estar funcionando?
- É possível seguir o curso do sistema de ventilação desde o captor até à saída da exaustão? O projeto parece eficaz? Os planos originais estão disponíveis?
- É possível realizar uma análise da atividade [*job task analysis* – JTA], i.e. analisar cada uma das tarefas com relação ao potencial para exposição? Qual é a exposição que o trabalhador imagina como sendo a pior?
- A zona respiratória do trabalhador parece estar constantemente afetada pela poeira dispersa?
- Isto ocorre porque o *layout* do posto de trabalho permite?
- O que o trabalhador pensa sobre os controles existentes, em termos da facilidade de uso? O que o trabalhador sugere?

- Os trabalhadores apresentam sintomas ou outros efeitos à saúde, que podem ser atribuídos à exposição ocupacional?

Embora geralmente seja mais fácil reconhecer poeiras do que gases ou vapores (particularmente aqueles que são incolores e não possuem odor forte ou propriedades irritantes), nem todas as fontes de poeiras são óbvias. As nuvens de poeira recém formadas geralmente contém uma grande proporção de partículas grossas . Entretanto, essas partículas se depositam mais rapidamente e as partículas finas remanescentes podem ser difíceis de serem vistas. Uma camada fina de poeira sobre superfícies horizontais mostra que existe ou existiu poeira no ar, mesmo se ela é agora invisível.

Por esta razão, vários instrumentos são úteis para levantamento preliminar exploratório. Estão disponíveis instrumentos de leitura direta que mostram a concentração de poeira (veja Seção 4.5.2). Freqüentemente eles não são exatos para poeiras, mas podem dar uma indicação sobre onde e quando a concentração de poeira é mais elevada, de forma que a necessidade de medida quantitativa possa ser avaliada. Técnicas especiais de iluminação podem mostrar a poeira invisível sob a iluminação comum (HSE, 1997b). Essas técnicas de lâmpada-de-poeira são menos quantitativas do que os instrumentos de leitura direta, mas geralmente custam menos. Técnicas mais sofisticadas combinam instrumentos de leitura direta com captação de imagem em vídeo, que podem ser gravadas e analisadas posteriormente para se descobrir que partes do processo ou práticas de trabalho geram a poeira, por exemplo (e.g. NIOSH, 1992; Rose, 1993); Martin et al., 1999). Esses instrumentos e técnicas serão discutidas em maiores detalhes em outras seções deste capítulo.

Também pode ser útil dispor de tubos de fumaças para verificar se os sistemas VLE estão funcionando e se o ar proveniente da fonte de poeira é realmente coletado pelo exaustor.

Sempre que os riscos forem evidentes e sérios, sua avaliação qualitativa dos riscos feita durante a etapa de reconhecimento, em particular a informação obtida durante o levantamento exploratório, deve ser suficiente para indicar a necessidade de medidas de controle, independentemente da realização de avaliações quantitativas posteriores. As prioridades para a ação de acompanhamento devem ser estabelecidas levando-se em conta a severidade dos possíveis danos à saúde e o número de trabalhadores possivelmente expostos. Por exemplo, existe necessidade inquestionável de implantar medidas de controle quando operações como jateamento de areia, lixamento de madeira dura, perfuração de granito a seco, ou ensacamento de pós tóxicos são realizadas sem os controles necessários. Em tais casos, o levantamento exploratório fornecerá informações suficientes para recomendar medidas preventivas imediatas, sem a necessidade da realização de medições. Posteriormente, um levantamento mais detalhado para as fontes menos óbvias ainda será necessário.

A colaboração da administração, de engenheiros de produção e de trabalhadores, assim como do pessoal de saúde é de fundamental importância para ajudar a compreender os processos de trabalho, os agentes associados e seus efeitos potenciais. É particularmente importante obter informações sobre as condições que possam estar ausentes no momento da realização de um levantamento exploratório. Embora qualquer levantamento deva ser conduzido preferencialmente sob condições normais de funcionamento, episódios de

exposição não usuais ou não freqüentes devem ser levados em consideração. Informações relativas à condição de saúde dos trabalhadores, tais como registros médicos, podem contribuir muito para a identificação de perigos existentes no local de trabalho.

4.2 Abordagem Pragmática

4.2.1 Justificativa

A abordagem tradicional em higiene ocupacional tem sido realizar, após o levantamento preliminar, uma avaliação quantitativa mais detalhada para orientar a escolha das estratégias e medidas de controle.

Entretanto, avaliações quantitativas bem feitas são muito caras e nem sempre se justificam, principalmente quando o objetivo é estabelecer se há necessidade de controle. Além disto, há grande dificuldade em assegurar que a recomendação de especialistas seja usada por todos os empreendimentos de pequeno e médio porte.

Portanto abordagens mais simples, baseadas em avaliações qualitativas e semi-quantitativas, têm sido desenvolvidas, com o objetivo de auxiliar principalmente as pequenas empresas para as quais os meios necessários para avaliações quantitativas nem sempre estão disponíveis. Apesar de não serem aplicáveis em todos os casos, tais métodos podem auxiliar a resolver um grande número de problemas que não seriam resolvidos por falta de recursos financeiros, humanos e de equipamento.

Métodos pragmáticos para estabelecer a ordem de magnitude de exposição ocupacional a risco e orientar a tomada de decisão quanto à necessidade de medidas preventivas e tipos recomendados, têm sido desenvolvidos, por exemplo, o método "Control Banding" desenvolvido e utilizado pela HSE na Inglaterra, e adaptado e disseminado pela OMS, OIT e IOHA como o "International Chemical Control Toolkit". Para informações detalhadas, consultar os sites: www.coshh-essentials.org.uk, www.who.int/, www.ilo.org/ e www.ioha.net/.

4.2.2 "COSHH Essentials

Em 1999, a "Health and Safety Executive" – HSE (Agência de Segurança e Saúde, Reino Unido) publicou "COSHH Essentials – Easy steps to control health risks from chemicals", a fim de ajudar pequenas empresas a reconhecerem a existência de riscos químicos para saúde em seus locais de trabalho (e, portanto a necessidade de controlá-los) bem como orientá-las quanto a medidas de controle de reconhecida eficiência (se bem aplicadas).

Este método, desenvolvido e validado com base em minuciosos estudos de higiene ocupacional, permite estimar a exposição esperada em situações específicas (sem avaliações quantitativas através de instrumentos e análises) e propõe técnicas de controle adequadas para cada caso. O conceito no qual se baseia "COSHH Essentials" é também conhecido como "Control Banding", pois a idéia é categorizar risco e controle em faixas ("bands").

"Control Banding" é uma abordagem que pode ser extremamente útil, porém só pode ser utilizada para produtos químicos utilizados sob forma de líquidos ou pós. Naturalmente esta abordagem não pode ser usada em se tratando de substâncias que não são fornecidas comercialmente como, por exemplo, minerais que estão sendo extraídos, ou substâncias que estão sendo produzidas, ou contaminantes gerados acidentalmente (por reação química, ou decomposição). Além disso, quando materiais muito tóxicos forem manuseados, deve sempre ser procurada a orientação de especialista no assunto; a verificação das soluções de controle por especialistas é também necessária. É falsa economia, por exemplo, instalar mesmo que seja o mais simples sistema de ventilação exaustora sem ajuda especializada. Entretanto, nos casos mais simples e óbvios, estas abordagens pragmáticas permitem que os empregadores escolham soluções de controle apropriadas sem demora.

Esta seção descreve, em linhas gerais e a título de exemplo, a abordagem "*COSHH Essentials*" aplicada na Grã-Bretanha pela *Health and Safety Executive*, sob o aspecto de sua utilização relacionada com poeiras. A idéia é que, a partir de informação sobre a toxicidade do produto em questão (obtida a partir da ficha de segurança ou do rótulo do produto), de sua pulverulência e a quantidade de uso, seja estabelecido o tipo de controle necessário, dentro de uma das quatro estratégias seguintes: ventilação geral; medidas de controle de engenharia (incluindo ventilação local exaustora); contenção (enclausuramento) e "busca de orientação especializada". Dentro dos limites dessas quatro estratégias, orientações detalhadas estão disponibilizadas para várias operações específicas, sob a forma de fichas simples de orientação para o controle denominadas "*Control Guidance Sheets*". A abordagem está detalhada pela HSE (HSE, 1999a e 2003). A fundamentação técnica é fornecida por HSE (1999b) e as fontes e validação foram publicadas previamente em uma série de artigos por Brooke (1998), Maidment (1998) e Russel et al. (1998). A HSE adotou a abordagem depois que um levantamento mostrou que a maioria dos usuários de produtos químicos na Grã-Bretanha não compreendiam a legislação ou os limites de exposição, e obtinham a maior parte das informações sobre produtos químicos com seus fornecedores. Pretende-se que pequenos empreendimentos sejam capazes de usar o esquema com certa facilidade.

A OIT e OMS reconheceram o potencial desta abordagem pragmática desenvolvida pela HSE, e iniciaram um processo para promovê-la internacionalmente, a fim de contribuir para o alcance de seus objetivos preventivos em saúde ocupacional. O passo inicial foi adaptar o "COSHH Essentials" para uso internacional sob a forma do "*International Chemical Control Toolkit*", o que foi liderado pela IOHA (Associação Internacional de Higiene Ocupacional – *International Occupational Hygiene Association*).

Os principais elementos estão resumidos a seguir a título de ilustração deste tipo de abordagem. Detalhes sobre a abordagem da HSE são fornecidos nas publicações da HSE e na Internet (HSE, 1999a, 1999b e 2003; www.coshh-essentials.org.uk) e sobre o International Chemical Control Toolkit na Internet (www.ioha.net/ e (www.ilo.org/public/english/protection/safework/).

Como indicado no próprio "COSHH Essentials", *antes de tudo*, a exposição deve ser prevenida através de medidas como:

- substituição da substância tóxica por outra, ou pela mesma sob outra forma menos pulvurulenta
- modificação do processo
- mudança na maneira de trabalhar de modo que a tarefa de risco não seja mais necessária

Somente se isto não for possível, deve-se partir para controles além da fonte, como enclausuramento, ventilação e proteção individual.

Etapas de Aplicação

Uma breve descrição destas etapas é apresentada a seguir.

Etapa 1: Classificar o Grau de Perigo

As substâncias devem ser classificadas em uma de seis categorias, (faixas) dependendo de seu potencial de causar danos (perigo); no caso de agentes químicos, de sua toxicidade. No âmbito da União Européia, são utilizadas as chamadas "frases de risco" (frases R do sistema europeu de classificação de substâncias e misturas perigosas) que devem constar no rótulo e na Ficha de Dados de Segurança de acordo com a Diretiva da UE sobre Substâncias Perigosas. Por exemplo, as "Substâncias perigosas por inalação" são classificadas como R20. Na versão internacional, são utilizadas ambas as classificações: da Europa e do GHS (Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos – "*Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals")*.

Grupo de perigo A: Irritantes para a pele e olhos; substâncias não alocadas em outra faixa.

Grupo de perigo B: Substâncias "Nocivas" de acordo com o esquema da UE.

Grupo de perigo C: Substâncias "Tóxicas" de acordo com o esquema da UE; irritantes severos e prejudiciais; sensibilizantes da pele.

Grupo de perigo D: Substâncias "Muito tóxicas" de acordo com o esquema da UE; substâncias possivelmente cancerígenas para seres humanos; substâncias que podem prejudicar a fertilidade humana ou afetar o feto.

Grupo de perigo E: Efeitos mais severos, e.g., agentes carcinogênicos humanos prováveis, sensibilizantes por inalação.

Um sexto grupo trata do contato com a pele e olhos, mas este não têm implicações para o controle para poeiras suspensas no ar.

Etapa 2: Estabelecer a Magnitude do uso (quantidades utilizadas)

Tendo sido identificado o Grupo de Perigo apropriado, deve-se considerar a quantidade de material utilizada, por dia, ou por processo – em gramas, kilogramas, ou toneladas, de acordo com a tabela abaixo.

Sólidos		
Quantidade	**Peso**	**Geralmente recebidos em**
Pequena	Gramas	Pacotes, recipientes pequenos
Média	Quilogramas	Sacas grandes ou tambores
Grande	Toneladas	Em caminhões (“bulk”)

Etapa 3: Estabelecer a possibilidade do agente se tornar contaminante atmosférico

Nesta etapa estima-se a capacidade do material sob a forma de pó de se tornar suspenso no ar, o que depende de sua pulverulência (“dustiness”). A pulverulência pode ser classificada como elevada, média ou baixa, como se segue:

Elevada: Pós finos e leves. Quando usados, podem ser vistas nuvens de poeira que se formam e permanecem suspensas na atmosfera por vários minutos. Por exemplo: cimento, dióxido de titânio, toner de fotocopiadora.

Média: Sólidos cristalinos granulares. Quando usados, a poeira é vista, mas deposita-se rapidamente. A poeira é vista sobre as superfícies após o uso. Por exemplo: sabão em pó, grânulos de açúcar.

Baixa: Sólidos não friáveis, semelhantes a pelotas ou grãos grossos. Há pouca evidência de qualquer poeira observável durante o uso. Por exemplo: grânulos de PVC e de ceras.

Neste ponto, o método ainda sugere perguntas quanto a possível controle na fonte, por exemplo, “É possível substituir pós finos por escamas ou grânulos (menos poeirentos) ?”

Naturalmente, onde for possível, um material de baixa pulverulência deve substituir um de média e um de média pulverulência deve substituir um de alta; e quantidades menores devem ser usadas ao invés de grandes.

Etapa 4: Escolher o Princípio de Controle

Quando as etapas acima estiverem concluídas, a estratégia de controle pode ser escolhida, utilizando-se a Tabela 4-1.

Tabela 4 -1 – Abordagem (princípios) de controle (em escala de 1 a 4)

	Pulverulência baixa	**Pulverulência média**	**Pulverulência elevada**
Grupo de perigo A			
Gramas	1	1	1
Quilogramas	1	1	2
Toneladas	1	2	2
Grupo de perigo B			
Gramas	1	1	1
Quilogramas	1	2	2
Toneladas	1	2	3
Grupo de perigo C			
Gramas	1	1	2
Quilogramas	2	3	3
Toneladas	2	4	4
Grupo de perigo D			
Gramas	2	2	3
Quilogramas	3	4	4
Toneladas	3	4	4
Para todas as substâncias do Grupo de Perigo E, escolha a abordagem de controle 4.			

Princípio de Controle 1: Boa ventilação geral, manutenção, limpeza, boas práticas de trabalho e capacitação. Roupa de proteção é necessária e, possivelmente, EPR (Equipamento de Proteção Respiratória) ao se executar atividades de limpeza e manutenção.

Princípio de Controle 2: Ventilação local exaustora (ponto de captação perto da fonte ou enclausuramento parcial); acesso restrito; boa limpeza; roupa de proteção e proteção dos olhos e pele dependendo da substância, e possivelmente EPR ao se executar atividades de limpeza e manutenção; capacitação específica sobre perigos e controle.

Princípio de Controle 3: Contenção (enclausuramento); acesso controlado em áreas sinalizadas; "permissão de trabalho" para atividades de manutenção, com procedimentos de manutenção escritos; roupa de proteção; proteção para os olhos e pele dependendo da substância e uso de EPR (equipamento de proteção respiratória) adequado ao se executar atividades de limpeza e manutenção; capacitação específica sobre operação correta da instalação, manutenção, controle e emergências.

Princípio de Controle 4: Busca de orientação especializada.

Etapa 5: Localizar a orientação para controlar o risco em tarefas específicas

Tanto o método da HSE, como o International Toolkit tem uma grande quantidade de diretivas práticas específicas para diferentes operações e processos de trabalho.

Todas as medidas de controle devem ser integradas em programas de prevenção e controle bem gerenciados e sustentáveis, sob um sistema de gestão e supervisão efetivos.

4.2.3 "Sílica Essentials"

Recentemente (2006) a HSE desenvolveu um outro instrumento dentro do conceito de *COSHH Essentials,* com a finalidade de contribuir para a redução da silicose – o "Silica Essentials". Informações detalhadas e um grande número de diretrizes para ocupações específicas, por exemplo, manufatura de tijolos e azulejos (BK – COSHH Essentials in breca and tile making: Silica), cerâmica (CR – COSHH essentials in ceramics: Silica), construção civil (CN – COSHH essentials in construction: Silica), fundições (FD – COSHH essentials in foundries: Silica), podem ser encontradas no site: http://www.hse.gov.uk/pubns/guidance/

Para cada ocupação, são dados conselhos para operações específicas. Por exemplo, o "Silica Essentials" para Pedreiras, inclui diretrizes para prevenção de riscos em operações como preparação de produtos contendo "farinha" de sílica (Making products that include silica flour – QY1), Excavação (Exacavating and haulage – QY2), Moagem (Crushing – QY3), Peneiras (Dry screening – QY5), Moagem a seco (Dry grinding – QY6), Enchimento de sacos grandes (Jumbo bag filling: 500-1500kg – QY7), Limpeza de poeiras contendo sílica (Cleaning up silica dusts – QY10), cabines de controle e de veículos (Control cabins and vehicle cabs – QY11).

4.3 Avaliações quantitativas

4.3.1 Objetivos

A menos que uma abordagem semelhante àquela descrita na Seção 4.2 remova qualquer chance de exposição, é provável que o levantamento exploratório deva ser seguido por um levantamento quantitativo, envolvendo a medição da exposição do trabalhador à poeira. As possíveis finalidades desse levantamento incluem:

- Estudo inicial para verificar se há necessidade de controlar ou melhorar os controles, incluindo os controles instalados seguindo os procedimentos descritos na Seção 4.2.
- Monitoração para confirmar se o controle ainda é satisfatório.

A medição da exposição também pode ser necessária pelas seguintes razões:

- Estabelecimento do patamar inicial do perfil de exposição.
- Estudos epidemiológicos, para estabelecer relações de exposição-efeitos.
- Outros estudos para fins de pesquisa.

As medições geralmente são feitas coletando-se uma amostra do ar e realizando em seguida a análise da substância de interesse. Em todos os casos é importante que a qualidade das medições deva ser boa o suficiente para justificar as decisões que serão tomadas com base nos seus resultados. Por exemplo, sempre que dados de exposição sejam destinados a estudos epidemiológicos, a qualidade dos resultados de avaliação da exposição é crítica. Onde existirem limites de exposição aplicáveis (veja Seção 4.3.2), geralmente os perfis das exposições medidas serão comparadas com eles para se decidir se o controle é satisfatório.

A situação ideal seria sempre manter registros dos perfis de exposição precisos e exatos porque podem ser necessários no futuro a fim de estabelecer que exposições existiam em certa época no passado. Entretanto, isto raramente é possível devido à carência de recursos necessários.

O uso da monitoração ou amostragem de ar, quando feito de uma forma aceitável e justificável, pode fornecer uma fundamentação objetiva para se tomar medidas específicas ou não. Tal medida pode ser algo de grande porte, tal como um novo sistema de ventilação, ou algo menor, tal como uma nova localização de sistemas de ventilação já existentes ou a capacitação do trabalhador para uma prática de trabalho diferente. Os resultados da monitoração podem ser mantidos como justificativa para a ação, e para comparação com resultados posteriores (Seção 4.4).

Além da medição da concentração atmosférica da substância, amostras de uma porção dos materiais usados também podem ser analisadas para determinar se eles contêm qualquer substância com o potencial de causar danos. Entretanto, para muitas substâncias, a proporção das diferentes substâncias na rocha original ou na amostra do material pode ser muito diferente das proporções observadas na nuvem de poeira e, assim, a análise do material nunca substitui a análise de amostras de frações apropriadas do material suspenso no ar.

4.3.2 Limites de exposição ocupacional

Os Limites de Exposição Ocupacional (LEO) são um elemento chave na gestão de riscos e freqüentemente são incorporados em padrões legais (Vicent, 1998). Embora exposições óbvias a agentes nocivos conhecidos devam ser controladas, independentemente de qualquer regulação existente, o estabelecimento de um limite para o controle, com freqüência chama a atenção para a substância.

Os limites de exposição ocupacional usualmente são expressos em uma das seguintes formas:

- Concentração média ponderada pelo tempo (MPT) [*time-weighted average concentration (TWA)*], que é a concentração média para uma jornada diária completa, usualmente 8 horas [e jornada semanal de 40 horas].
- Concentração teto [*ceiling concentration*], que é uma concentração instantânea (à medida que isto possa ser medido) e não pode ser excedida a qualquer tempo.
- Limite de exposição de curta duração (CD) [*short-term exposure limit (STEL)*], que é a concentração média em um período de tempo especificado, e.g. 15 minutos.

Para poeiras cujos efeitos dependem de exposição média de longo prazo, tais como as poeiras que dão origem a pneumoconioses, LEO são fornecidos como as concentrações médias ponderadas pelo tempo, enquanto para substância que tem ação rápida, os LEO são fornecidos como limites de curta duração ou teto.

Os limites de exposição ocupacional são, a princípio, baseados em avaliações dose-resposta ou exposição-efeito. O estabelecimento dos "limites de exposição ocupacional por razões de saúde" (WHO, 1980) exigem considerações das questões: "Quanto de exposição pode causar que efeito?" ou "Que nível de exposição não causa dano algum?". Um limite por razões de saúde pode então ser estabelecido a um nível mais baixo. Por exemplo, os limites de exposição ocupacional por razões de saúde para poeiras minerais foram tema de uma publicação da OMS (WHO, 1986).

Entretanto, em muitos casos, não é possível estabelecer tal nível, ou o nível pode ser impossível de ser alcançado na prática. As autoridades podem então promulgar "limites de exposição operacionais" (WHO, 1980), que envolvem ainda outra questão: "quanto de efeito é aceitável, se é que haja algum". Isso envolve um processo de tomada de decisão que exige consideração de questões técnicas e sócio-econômicas (Ogden e Topping, 1997).

Deve ser lembrado que os LEO, mesmo quando estabelecidos a partir de bases científicas sólidas, não necessariamente são adequados em todas as situações. As exposições abaixo dos LEO não significam que *todos* os trabalhadores estão protegidos, por razões que incluem exposições concomitantes a outras substâncias e a sensibilidades individuais. É aceito que os limites de exposição ocupacional geralmente não protegem trabalhadores hiper-suscetíveis.

Além disso, os valores estabelecidos para um país não necessariamente irão proteger os trabalhadores em outro país onde vários fatores, incluindo a duração da jornada de trabalho semanal, clima e horários de trabalho podem diferir. Também, a avaliação de risco é um processo dinâmico e uma substância, às vezes considerada relativamente inofensiva, pode, repentinamente, demonstrar ser agente etiológico de uma doença séria.

De qualquer forma, os limites de exposição ocupacional não podem ser usados como "linhas finas entre o seguro e o perigoso". O julgamento profissional deve ser aplicado a todo tempo, considerando o grau de incerteza que existe não apenas no estabelecimento desses limites, mas também na avaliação das exposições que efetivamente ocorrem no local de trabalho.

No entanto, os limites de exposição ocupacional fornecem aos profissionais de saúde ocupacional um instrumento útil para avaliar os riscos à saúde e decidir se uma determinada situação de exposição é aceitável ou não, ou se as medidas de controle existentes são adequadas. As exposições além desses limites exigem ação corretiva imediata, através da melhoria dos controles existentes ou da implantação de novos. Muitas autoridades tem estabelecido níveis de ação que correspondem à ½ ou 1/5 do LEO, a partir dos quais a ação preventiva deve começar.

As regulamentações ou padrões nacionais ou locais relativas à exposição à poeira devem ser seguidos. Entretanto, na ausência de valores de exposição legalmente aceitos na jurisdição em questão, freqüentemente são usados valores adotados internacionalmente (e.g., pela União Européia), ou em outros países (e.g. ACGIH, 1999a)[1]. Embora sejam valores "importados" eles podem servir como orientação inicial e uma ação imediata deve ser tomada para estabelecer regulamentações nacionais relevantes. Em todo caso, a ausência ou inadequação de instrumentos de regulamentação nunca deve constituir obstáculo para a recomendação e implementação de medidas preventivas necessárias.

Deve ser lembrado que abordagens simplistas de apenas medir as concentrações e comparar os resultados com os valores em uma tabela podem ser equivocadas, porque vários fatores influenciam as conseqüências da exposição a certos agentes nocivos. A interpretação dos resultados da avaliação da exposição tem que ser feita por profissionais adequadamente capacitados. Além disso, ainda não existem (e provavelmente nunca existirão) limites de exposição ocupacional estabelecidos para todas as substâncias atualmente utilizadas. Portanto os higienistas ocupacionais deveriam estar bem familiarizados com as fontes de informação existentes relativas à avaliação de risco e toxicologia (incluindo publicações e base de dados) nos diferentes países, assim como nas agências internacionais (IARC, ILO-CIS, IPCS, IRPTC-UNEP, WHO – veja Capítulo 11), e ter acesso a essas fontes. Se a informação sobre perigos estiver disponível, então a abordagem de controle por faixas (Seção 4.2) poderá fornecer orientação útil para a adoção de medidas de controle.

4.3.3 Estratégia de amostragem

Em qualquer ambiente de trabalho existem variações espaciais e temporais na concentração dos contaminantes atmosféricos, de tal forma que as exposições podem variar com o movimento dos trabalhadores assim como ao longo do dia, da semana ou do mês. Existem também erros de amostragem e erros analíticos. Alguns podem ser evitados com procedimentos cuidadosos, enquanto outros são inerentes a certa metodologia e têm que ser considerados quando se decide o grau de confiança necessário para estimar o valor verdadeiro do parâmetro de exposição.

Entretanto, uma estratégia de amostragem que considere todos os fatores capazes de levar a qualquer variação nos resultados deve ser planejada e seguida, de tal forma que os dados obtidos sejam representativos da exposição dos trabalhadores, assegurando assim uma avaliação da exposição confiável. Os fatores importantes incluem:

- o dia, semana ou mês em que a amostragem é realizada;
- taxa de produção;
- matérias primas;
- jornada de trabalho;

[1] Para valores atualizados consultar a edição publicada pela ACGIH no ano corrente [Nota do tradutor]

- tarefa executada;
- a forma como a tarefa é executada;
- medidas de controle da poeira;
- tecnologia usada;
- número de trabalhadores;
- clima;
- outros processos nas vizinhanças;
- distância entre o trabalhador a fonte;
- erros nos procedimentos de amostragem e procedimentos analíticos.

Se a autoridade responsável pelos LEO adotados também tiver estabelecido uma estratégia de amostragem associada, ela deve ser seguida. Caso contrário, o profissional responsável deve planejar e seguir uma estratégia adequada. O CEN produziu um padrão europeu (EM 689) que fornece orientação prática para a avaliação da exposição a agentes químicos e estratégias de medição (CEN, 1994). Em todo caso, o julgamento profissional durante a avaliação é indispensável.

As questões clássicas para se planejar uma estratégia de amostragem são: Onde amostrar? Por quanto tempo? Quem amostrar? Quantas amostras devem ser coletadas? Esse assunto tem sido amplamente discutido na literatura especializada (e.g. BOHS, 1993). Entretanto, embora princípios metodológicos específicos tenham sido bem estabelecidos, existem nuances em suas aplicações. Obviamente, qualquer amostra deve ser representativa da exposição do trabalhador, que usualmente determina onde e quando amostrar. Também, para o mesmo tipo de agente e para o mesmo tipo de meio de coleta, a duração recomendada para a tomada de amostra será da mesma ordem. Entretanto, situações específicas podem ditar diferenças no número de amostras necessárias para uma avaliação, porque isto, em conjunto com a qualidade do sistema de medição, irá determinar a exatidão e a precisão dos resultados obtidos. O grau de confiança necessário irá depender do objetivo da avaliação da exposição.

Para a avaliação da exposição por inalação, é necessário caracterizar o ar que os trabalhadores realmente estão inalando. Por essa razão as amostras devem ser coletadas na sua "zona respiratória", que geralmente é definida como a zona hemisférica, com raio de aproximadamente 30 cm na frente da cabeça.

Algumas considerações acerca do planejamento devem incluir a amostragem da exposição no "pior caso" ou a amostragem de um número representativo de trabalhadores indicativo de todas as categorias de funções. Se o objetivo for determinar a concentração média ponderada pelo tempo, a tomada de amostra deverá ter duração da jornada completa ou a duração correspondente ao período completo de um ciclo do processo. Devido à variabilidade nos resultados e a provável distribuição lognormal das exposições a poeiras, a tomada de amostras necessita ser conduzida por várias jornadas e durante vários dias para melhor caracterizar as exposições nos locais de trabalho.

Quando se avalia a exposição a substâncias de ação rápida (o que é raro no caso de poeiras), que pode causar danos irreversíveis mesmo em exposições consideradas breves, é necessária a tomada de amostras de curta duração (no momento correto), de forma a detectar picos de concentração eventuais, particularmente se existem flutuações apreciáveis na concentração. Concentrações elevadas que ocorrem por curtos períodos podem permanecer escondidas e não detectadas se uma amostra é coletada por um longo período de tempo durante o qual também podem ocorrer concentrações muito baixas. Tarefas executadas com pouca freqüência também necessitam ser caracterizadas para permitir que exposições potenciais de curta duração – mas elevadas – ou picos de exposição possam ser documentadas.

Para a mesma situação de exposição (incluindo as flutuações ambientais esperadas), se o coeficiente de variação do procedimento de medição é conhecido e constante, é possível, através da aplicação de métodos estatísticos indutivos, determinar quão confiável é uma estimativa, ou que grau de incerteza pode ser esperado a partir de um certo numero de amostras ou medições. Isso irá orientar a decisão sobre quantas amostras devem ser coletadas ou quantas medições devem ser feitas. Quanto melhor for a sensibilidade, exatidão e precisão do sistema de medição e maior o número de amostras, mais próxima a estimativa estará da concentração verdadeira.

Usualmente aceita-se que, se medições são necessárias, elas devem ser tão exatas e precisas, isto é, tão "confiáveis" quanto possível. Entretanto, existe uma questão associada ao custo e, na prática, um grau de confiança aceitável e factível deve ser estabelecido de acordo com a finalidade da investigação e tendo-se em vista os recursos disponíveis. Uma abordagem é considerar o propósito dos resultados, por exemplo, na determinação de medidas de controle, os resultados deveriam ser confiáveis o suficiente para decidir que ação de controle é necessária. Uma exatidão diferente pode ser exigida se as medições fizerem parte de uma investigação epidemiológica.

Se for muito caro e difícil verificar a conformidade (ou não-conformidade) com um padrão, pode ser melhor apenas reduzir a exposição. Considerando que novos conhecimentos sobre avaliação de risco geralmente conduzem à diminuição de limites de exposição aceitáveis, as boas práticas deveriam visar o controle das exposições ao nível mais baixo possível. A confiança exigida depende em grande parte das conseqüências de se tomar decisões erradas com base nos dados coletados.

4.3.4 Tomada de amostra por tamanho de partículas

As exposições a poeiras podem abarcar uma ampla faixa de tamanhos de partículas com efeitos à saúde dependentes da região de deposição no pulmão. Por esta razão, realiza-se a tomada de amostras de poeira por tamanho de partícula. Como foi explicado na Seção 1.5, a ACGIH, ISO e CEN chegaram a um acordo sobre o critério para tomada seletiva de amostras por tamanho de partícula e definiram três frações para medição relacionada à saúde, denominadas *inalável, torácica* e *respirável*, como se segue.

Fração inalável para todos os materiais que são perigosos independentemente do local onde possam se depositar no sistema respiratório.

Fração torácica para aqueles materiais que são perigosos quando depositados em qualquer parte das vias pulmonares, incluindo-se a região de troca gasosa; e

Fração respirável para aqueles materiais que são perigosos quando depositados em qualquer parte da região de troca gasosa.

Tem sido acordado internacionalmente que os LEO para partículas devam normalmente ser especificados para uma das frações acima. Os limites de exposição modernos para poeiras geralmente são expressos em termos das frações inalável ou respirável. As frações, tal como foram recomendadas pelo CEN, ISO e ACGIH, estão mostradas nas Tabelas 4.2 a 4.4, usando os números fornecidos pela ACGIH (1999a).

Tabela 4-2 – A fração de material particulado que o amostrador deve coletar quando fração inalável for de interesse (ACGIH, 1999a).

Diâmetro aerodinâmico (μm)	Fração inalável (%)
0	100
1	97
2	94
5	87
10	77
20	65
30	58
40	54.5
50	52.5
100	50

Tabela 4-3 – A fração de material particulado que o amostrador deve coletar quando a fração torácica for de interesse.

Diâmetro aerodinâmico (μm)	Fração torácica (%)
0	100
2	94
4	89
6	80.5
8	67
10	50
12	35
14	23
16	15
18	9.5
20	6
25	2

Tabela 4-4 – A fração de material particulado que o amostrador deve coletar quando a fração respirável for de interesse.

Diâmetro aerodinâmico (μm)	Fração respirável (%)
0	100
1	97
2	91
3	74
4	50
5	30
6	17
7	9
8	5
10	1

4.3.5 Equipamento de medição

Como foi mencionado previamente, podem ser feitas medições por:

- uso de instrumentação de leitura direta, para obter resultados em tempo real (quase);
- coleta de amostras, para determinação da massa ou análise subseqüente em laboratório.

Cada uma delas tem vantagens e desvantagens e tem sua aplicação recomendada, como será visto nas próximas seções.

A tomada de amostras de partículas suspensas no ar exige instrumentos que conseguem extraí-las de um volume de ar medido e recolher de uma forma que permita a determinação da massa e/ou análise química subseqüentes, ou a contagem de partículas mediante uso de microscópio. Esses instrumentos compreendem um amostrador, um movimentador de ar (com uma fonte de energia) e um medidor de fluxo de ar ou fluxímetro.

O amostrador deve ser projetado para coletar a fração de partículas suspensas no ar para a qual o LEO se aplica. Portanto o amostrador consistirá de um dispositivo de coleta (e.g., um filtro em um porta-filtro), e um pré-coletor tal como um ciclone para a fração de poeira respirável (veja Seção 4.36), ou uma entrada especialmente projetada se o objetivo for coletar a fração de poeira inalável. Esses aspectos são completamente explicados na literatura especializada (ACGIH, 1995, 1999b; Courbon et al., 1998; Fabriès et al., 1998; Kenny et al., 1997; Mark e Vincent, 1986; Vincent, 1989 e 1995).

É essencial que o movimentador de ar (bomba de amostragem) funcione a uma vazão mensurável e praticamente constante, e que o fluxo seja sempre verificado antes e depois da amostragem com um medidor de fluxo de ar devidamente calibrado. As análises de amostras de ar devem ser realizadas por um laboratório qualificado que tenha estabelecido um programa de controle da qualidade / garantia da qualidade.

Para a avaliação da exposição a melhor prática é utilizar amostradores individuais [ou pessoais], que são unidades de tomada de amostras portáteis transportadas pelos trabalhadores quando eles se movimentam continuamente. Um procedimento comum é prender o movimentador de ar no cinto e o dispositivo de coleta (que deve estar na zona respiratória) na lapela da roupa do trabalhador. Entretanto, deve-se tomar cuidado ao se avaliar exposições a partículas suspensas no ar porque pode acontecer que as partículas coletadas na roupa tornem a entrar na unidade de amostragem, introduzindo assim, um viés na tomada de amostra tal como foi demonstrado por Cohen et al. (1984).

4.3.6 Princípios dos amostradores seletivos por tamanho de partícula

Os amostradores seletivos para remoção da fração não respirável na tomada de amostra de poeira respirável, por exemplo, elutriadores, ciclones, impactadores ou alguma combinação deles (ACGIH, 1995; Vicent, 1995), podem estar baseados em diferentes princípios. Os filtros também são os meios usuais para coletar o componente respirável. Como já foi mencionado, os LEO geralmente são definidos em termos tanto da fração inalável como da fração respirável. A fração inalável usualmente é coletada com um porta-filtro espe-

cialmente projetado (Kenny et al., 1997). Para coletar a fração respirável, deve existir um seletor de tamanho de partícula na corrente de ar antes do meio de coleta, com o objetivo de remover as partículas maiores. Para a tomada de amostra individual, o seletor de tamanho de partícula geralmente é um ciclone, mas outros seletores estão disponíveis e breves detalhes são apresentados a seguir.

Elutriadores

O ar empoeirado é aspirado ao longo de um canal vertical ou horizontal, e as partículas são separadas de acordo com suas velocidades de sedimentação. Os elutriadores devem ser usados na orientação em que foram projetados e, portanto, não podem ser usados na tomada de amostras individuais.

Ciclones

Os ciclones usam a força centrífuga para remover poeira. A partícula em uma corrente de ar em rotação está sujeita a uma força centrífuga que a acelera em direção à superfície aonde ela irá impactar e perder quantidade de movimento [*momentum*], sendo assim, removida da corrente de ar. Esses ciclones geralmente são pequenos em tamanho, de 10 mm a não mais que 50 mm de diâmetro. Desde os anos 1960s, eles têm sido amplamente usados para coletar a fração respirável. Em um ciclone pré-coletor típico, o ar entra tangencialmente pela lateral e forma redemoinhos no seu interior. As partículas acima de certo tamanho são arremessadas na paredes do ciclone e coletadas na sua base ("*grit-pot*" ou "panelas de areia"). O ar contendo a poeira respirável sai através da saída central no topo do ciclone, e o ar é filtrado para reter a poeira.

Devido à complexidade do comportamento do fluido nos ciclones, é difícil predizer matematicamente suas características de coleta já que são projetados em bases empíricas. Para conseguir a seleção de tamanho adequada, entretanto, a bomba de amostragem de ar deve estar calibrada para fornecer o fluxo apropriado por toda a abertura do ciclone, dentro de uma variabilidade especificada, e o fluxo deve ser estável. Se a bomba não for calibrada corretamente, a seleção irá mudar, tanto para tamanhos aerodinâmicos maiores (para fluxos mais baixos) ou menores (para fluxos mais elevados). Uma vez calibrados, os ciclones podem ser usados para todas as partículas, mas geralmente eles não são usados para fibras. Os ciclones disponíveis no mercado para serem usados como pré-coletores em amostradores de dois estágios geralmente são feitos de nylon ou alumínio. Cada um dos diferentes projetos e fabricantes de ciclones possui seu próprio fluxo operacional e configuração de cassete de filtros (2-peças ou 3-peças).

Impactadores

Quando uma partícula de poeira colide diretamente a alta velocidade contra uma superfície plana, ela se separa da corrente de ar em conseqüência da repentina mudança na direção. A eficiência de coleta depende do diâmetro aerodinâmico e da velocidade da corrente de ar. O princípio de impactação a jato em vários estágios tem sido usado para separar frações de diferentes tamanhos de partícula, por exemplo, no amostrador de Anderson para partí-

culas viáveis. O princípio de impactação a seco é combinado com a subseqüente coleta da poeira em um meio líquido, para análise posterior.

Filtros

A filtração é de fato uma combinação de princípios, pois ela envolve interceptação direta, coleta inercial, difusão, forças elétricas, adesão e re-suspensão de partículas. As eficiências da filtração variam dependendo de parâmetros que incluem a forma da partícula, a densidade, as características da superfície, a quantidade, a umidade e a velocidade de coleta, mas os filtros usados em amostradores de poeira apresentam eficiência próxima a 100%. Uma grande variedade de filtros estão disponíveis comercialmente, por exemplo: membrana de prata, Nuclepore, membrana de éster de celulose, fibra de vidro, fibra de plástico, etc., e a escolha geralmente é determinada pelo método analítico a ser usado.

Se o filtro tiver que ser pesado, é necessário assegurar que não seja afetado significativamente pelas mudanças na umidade relativa. Os filtros mais comumente usados para reduzir ganhos ou perdas de massa devido à umidade, são os filtros de policloreto de vinila (PVC) ou teflon (PTFE). As informações fornecidas pelos fabricantes de filtro e equipamento de amostragem geralmente ajudam na seleção do filtro.

4.4 Reavaliação

As medições de exposição devem ser repetidas após a implementação das medidas de controle para verificar se são efetivas. É necessário repetir o processo descrito neste capítulo periodicamente, para verificar se as substâncias usadas e os processos não foram mudados, e se as medidas de controle estão sendo mantidas adequadamente e ainda continuam efetivas.

Se a avaliação original mostrou que as exposições estavam bem abaixo dos LEO, e que a efetividade das medidas de controle é obvia (veja Capítulos 6 a 8), então a re-avaliação pode não exigir medição. Mas se este não for o caso, então deve ocorrer uma re-avaliação bastante freqüente. Isto deve levar em consideração os novos métodos de controle possíveis e disponíveis, por exemplo, novos substitutos possíveis.

Se for necessário repetir um levantamento quantitativo, os métodos devem permitir a comparação com os resultados originais. Na comparação dos resultados, a variabilidade aleatória das concentrações devem ser consideradas, assim como quaisquer mudanças possíveis relacionadas ao dia da semana e à estação do ano (por exemplo, relacionadas a aquecimento e ventilação), e às diferentes práticas de trabalho de cada trabalhador.

4.5 Medição para o controle da poeira

4.5.1 Em busca de fontes de poeira

Se a avaliação da exposição indica que o controle não é satisfatório, então as fontes de poeira devem ser procuradas. Em todas as etapas, é útil conversar com os trabalhadores, que, freqüentemente, podem fornecer informações importantes sobre fontes de poeira e seu espalhamento. Também é útil fazer medidas diretas para identificar de onde a poeira está vindo, e em que parte do ciclo de trabalho é liberada. As medições para esses propósitos diferem da avaliação da exposição (Seção 4.3) nos seguintes aspectos:

- resposta-rápida, instrumentos de leitura direta são mais úteis;
- monitoração estacionária (ou de área) pode ser satisfatória; e
- o objetivo é identificar quando e de onde as poeiras se originam, e não estabelecer a concentração média ponderada pelo tempo.

Assim como nas medições de exposição individual, é necessário levar-se em conta a variabilidade das concentrações. As amostras estacionárias podem mostrar menor variabilidade que as medidas de exposição individual, mas a variabilidade pode ainda ser substancial. Também, amostras de curta duração podem mostrar maior variabilidade do que amostras de longa duração. Um instrumento de leitura direta em tempo real pode ser usado para determinar quão variável é a concentração em relação ao tempo e ao local. Alternativamente, pode ser necessário tomar uma série de amostras estacionárias para determinar a variabilidade. Isso é necessário para distinguir fontes de exposição da variação aleatória. Finalmente, a medição pode ser necessária para determinar a distribuição por tamanho de poeira originada a partir de diferentes fontes para projetar ou selecionar as medidas de controle mais apropriadas. Isso não é simples, mas pode ser feito usando-se impactadores (Seção 4.3.6), ou por microscopia.

4.5.2 Instrumentos de leitura direta

Um instrumento de leitura direta mede a concentração em um intervalo de minutos ou segundos, ou até menos, e exibe a concentração em um mostrador ou gráfico ou registro similar.

Os amostradores de poeira de leitura direta mais modernos funcionam puxando o ar empoeirado para dentro de uma câmara fechada e medindo a intensidade da luz espalhada pela poeira, que foi originada de um feixe de luz como o de um laser. Muitos desses instrumentos podem ser portáteis e alguns são pequenos o suficiente para serem carregados pelo trabalhador, por exemplo, presos a um cinto. Uma vez que a quantidade de luz espalhada não é diretamente dependente da massa, é necessário calibrar tais instrumentos e, ainda assim, uma mudança na distribuição do tamanho ou na composição da partícula pode mudar a relação entre a luz espalhada e concentração em massa. Por essa razão as medições geralmente são grosseiras, mas a resposta rápida desses instrumentos torna-os muito úteis para avaliações comparativas.

Como já foi discutido anteriormente (Seção 4.1), os instrumentos de leitura direta podem ser usados para uma triagem rápida de ambientes no levantamento exploratório inicial. Eles também podem ser muito úteis para identificar fontes de poeiras, deslocando-se os instrumentos por toda a instalação industrial. Se houver suspeita de vazamentos na rede de dutos do sistema de ventilação ou nos enclausuramentos, esses instrumentos podem ser usados para determinar a origem da poeira. Algumas vezes a poeira entra no ar em um momento particular de um ciclo de trabalho e um instrumento de leitura direta colocado ao lado do trabalhador pode identificar isto. De maneira similar, os instrumentos de leitura direta podem indicar quando a medida de controle está ligada ou não. Eles também podem ser usados para estabelecer a trajetória pela qual a poeira se movimenta no local de trabalho. Em todas essas aplicações é necessário fazer medições em número suficientes para levar em conta a variabilidade delas. Por outro lado, uma mudança aleatória na concentração pode ser atribuída erroneamente a uma fonte de poeira ou a uma mudança na medida de controle.

Vários instrumentos de leitura direta incorporam ou podem ser usados com *datallogers*[2] de forma que a variação na exposição possa ser examinada posteriormente.

4.5.3 Amostragem estacionária ou de área

As amostras estacionárias não são úteis para medição da exposição individual, mas as amostras tomadas em um determinado local, talvez para uma parte da jornada, pode mostrar sua contribuição para a exposição de um trabalhador que passa ali algum tempo de sua jornada. As amostras estacionárias podem, portanto, ajudar na identificação de fontes de exposição. Para relacionar amostras estacionárias a exposições individuais, devem ser usados instrumentos similares. Particularmente no caso da fração de poeira inalável, as medições são dependentes do padrão de fluxo de ar externo. Portanto, um amostrador estacionário não irá fornecer os mesmos resultados como se estivesse sendo usado por um trabalhador.

4.5.4 Técnicas visuais

O espalhamento da fumaça proveniente de tubos de fumaça especiais pode mostrar como a poeira se dispersa a partir de uma fonte para a área próxima aos trabalhadores. Os trabalhadores mesmos também podem ter informações sobre os modelos de fluxo de ar/poeira. A lâmpada de poeira e as técnicas de captação de imagem em vídeo descritas a seguir fornecerão informações mais específicas sobre fontes de poeira.

A lâmpada de poeira (efeito Tyndall)

Um teste visual simples pode ser realizado com uma "lâmpada de poeira" localizada de tal forma que a poeira de interesse se espalha na luz, tornando visível a poeira muito fina de

[2] *Datallogger* é um instrumento eletrônico que registra os dados ao longo do tempo ou em relação à localização. Cada vez mais, mas não necessariamente, ele se apóiam em um processador digital (ou computador). [Nota do tradutor].

tamanho respirável que freqüentemente é invisível ao olho nu. A Agência de Segurança e Saúde do Reio Unido [UK Health and Safety Executive] produziu uma nota orientando sobre o uso da lâmpada de poeira (HSE, 1997b). A poeira é mais bem vista contra um fundo escuro, olhando na direção da luz, enquanto se protege os olhos ou câmera da luz forte e ofuscante. Faroletes com refletores elípticos constituem a fonte ideal, mas por razões práticas, eles precisam ser portáteis e alimentados com baterias. A fonte de luz necessita estar sobre um suporte, tal como um tripé, ou fixada a um viga mestra de tal forma que ela possa ser direcionada para a nuvem de poeira que está sendo liberada por um processo de produção. Se a lâmpada for posicionada corretamente, é possível observar o movimento da poeira em relação, por exemplo, a um sistema de exaustão e à zona respiratória do trabalhador, facilitando, portanto, o julgamento sobre o sucesso da captura do contaminante (veja Capítulo 7). Entretanto não é possível avaliar a concentração de forma exata utilizando-se uma lâmpada de poeira.

Captação de imagem em vídeo

Excelentes técnicas de visualização usando captação de imagem em vídeo têm sido desenvolvidas, por exemplo, o sistema NIOSH (NIOSH, 1992), o PIMEX (Rosén, 1993) e o CAPTIV (Martin et al., 1999). Tais técnicas envolvem a combinação de um sinal proveniente de uma câmera de vídeo, que registra as atividade de trabalho, com o sinal produzido por um instrumento de leitura direta, que mede continuamente as concentrações de poeira e tem uma resposta muito rápida (em intervalos de 1 segundo), a fim de acompanhar eventuais flutuações muito rápidas que ocorrem no ciclo de trabalho. O instrumento de leitura direta é usado pelo trabalhador com o amostrador localizado na zona respiratória. Os resultados produzidos pelo instrumento de leitura direta são enviados, por radiotelemetria, a um misturador de sinais que converte esses sinais para um gráfico de barra móvel, mostrado no canto da imagem no vídeo. A altura da barra é proporcional à concentração medida. A imagem do trabalhador e o gráfico de barra são gravados simultaneamente e esta imagem misturada pode ser vista numa tela de TV, tornando possível assim visualizar como a exposição "se comporta".

A monitoração da exposição com vídeo é uma técnica efetiva para:

- descobrir ou confirmar fontes de emissão, e estabelecer a importância relativa das mesmas;
- comparar as eficiências relativas de diferentes medidas de controle, tais como enclausuramentos e sistema de ventilação exaustora, em combinação com práticas de trabalho tais como a posição do trabalhador;
- pesquisar as eficiências de captura de diferentes captores para ventilação local exaustora;
- pesquisar as melhores práticas para uma determinada tarefa;
- capacitar para melhores práticas e para o uso de medidas de controle.

Zimmer (1997), por exemplo, usou a captação de imagem em vídeo para avaliar comparativamente tecnologias de três equipamentos de perfuração de rochas por percussão, montados em trilho. Ele foi capaz de demonstrar o efeito do equipamento de perfuração, da supressão da poeira, das práticas de trabalho e da posição do trabalhador.

4.6 Recursos

Informações sobre avaliações de poeiras podem ser obtidas nos institutos nacionais para a segurança e saúde no trabalho e em associações profissionais, incluindo a Associação Internacional de Higiene Ocupacional [*International Occupatinal Hygiene Association*]. A maioria dessas instituições dispõem de informações sobre estratégias de amostragem, métodos de medição, instrumentação e fabricantes de equipamentos. Há também uma grande variedade de literatura disponível (livros e periódicos), assim como informação *on-line* na Internet, onde podem ser encontrados detalhes sobre avaliação de poeiras. O Capítulo 11 contém informação sobre essas e outras fontes. Catálogos de fabricantes também constituem fonte útil de informação sobre instrumentos de amostragem e analíticos.

O equipamento para determinação da poeira suspensa no ar tem que ser cuidadosamente selecionado de acordo com o propósito da avaliação. Os padrões internacionais sobre o desempenho de instrumentos para medição de partículas suspensas no ar (CEN, 1998) e sobre os requisitos gerais para medição de agentes químicos (CEN, 1994) devem ser considerados por ocasião da seleção do equipamento.

A preferência deve ser sempre dada a equipamento com confiabilidade conhecida, o que significa um equipamento que foi validado. De acordo com o Padrão Europeu EN 482 (CEN, 1994) a avaliação dos critérios de desempenho dos procedimentos ou dispositivos deve ser de responsabilidade do fabricante, do usuário, ou da instituição que faz o ensaio, como for mais apropriado. A certificação dispendiosa de instrumentos por um laboratório acreditado geralmente não é necessária, embora ela possa ser exigida para algumas aplicações, tal como na mineração (Leichnitz, 1998).

Referências para o Capítulo 4

ACGIH (2001). *Air Sampling Instruments*, 9th Edition, American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH®), USA.

ACGIH (1999a). *1999 TLVs and BEIs (Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices)*. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Cincinnati, OH, USA. ISBN 1-882417-32-1. Updated annually.

ACGIH (1999b). *Particle Size-selective Sampling for Health-Related Aerosols* (Vincent JH, editor). American Conference of Governmental Industrial Hygienists Air Sampling Procedures Committee, Cincinnati, OH, USA. ISBN 1-1882417-30-5.

BOHS (1993). *Sampling Strategies for Airborne Contaminants in the Workplace*. Technical Guide No 11, British Occupational Hygiene Society, Derby, UK.

Brooke, I. M. (1998). A UK scheme to help small firms control health risks from chemicals: toxicological considerations. *Annals of Occupational Hygiene* 42(6):377-390.

Burgess, W. A. (1995). *Recognition of Health Hazards in Industry: A Review of Materials Processes*, 2nd edition. J. Wiley and Sons, New York, N.Y. ISBN 0-471-57716-2. (Also available in Portuguese).

CEN (1994). *Workplace Atmospheres - Guidance for the Assessment of Exposure to Chemical Agents for Comparison with Limit Values and Measurement Strategy.* European Standard EN 689. Comité Européen de Normalisation, Brussels, Belgium.

CEN (1998). *Workplace Atmospheres - Assessment of Performance of Instruments for Measurement of Airborne Particle Concentrations*. Draft European Standard prEN 13205. Comité Européen de Normalisation, Brussels, Belgium.

Cohen, B. S.; Harley, N. H.; Lippmann, M. (1984). Bias in air sampling techniques used to measure inhalation exposure. *American Industrial Hygiene Association Journal* 45:187-192.

Courbon, P.; Wrobel, R.; Fabriès, J. F. (1988). A new individual respirable dust sampler: the CIP 10". *Annals of Occupational Hygiene* 32(1):129-143.

Fabriès, J. F.; Görner, P.; Kauffer, E.; Wrobel, R.; Vigneron, J. C. (1998). Personal thoracic CIP10-T sampler and its static version CATHIA-T. *Annals of Occupational Hygiene* 42(7):453-465.

Goelzer, B. (1997). Occupational hygiene. In: *The Workplace, Volume 1: Fundamentals of Health, Safety and Welfare*, Brune D, Gerhardsson G, Crockford GW, D'Auria, D, editors. ILO and Scandinavian Science Publisher, Oslo. ISBN 82-91833-00-1.

HSE (1997a). *Monitoring Strategies for Toxic Substances*, HSG 173., Health and Safety Executive, UK. ISBN 0-7176-1411-5.

HSE (1997b). *The Dust Lamp: A Simple Tool for Observing the Presence of Airborne Particles,* MDHS 82. Health and Safety Executive, UK. ISBN:0-7176-13623.

HSE (1999a). *COSHH Essentials: Easy Steps to Control Chemicals*, HSG 193. Health and Safety Executive, UK. ISBN 0-7176-2421-8.

HSE (1999b). *The Technical Basis for COSHH Essentials: Easy Steps to Control Chemicals*. Health and Safety Executive, UK. ISBN 0-7176-2434-X.

HSE (2003). *COSHH essentials: Easy steps to control chemicals*, Control of Substances Hazardous to Health Regulations HS G 193 (Second edition), Health and Safety Executive (HSE), UK. An electronic version is available at: www.coshh-essentials.org.uk.

ILO (1998). *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety.* International Labour Organization, 1211 Geneva 22, Switzerland. ISBN 92-2-109203-8.

Kenny, L. C.; Aitken, R.; Chalmers, C.; Fabriès, J. F.; Gonzalez-Fernandez, E.; Kromhout. H.; Liden, G.; Mark, D.; Riediger, G.; Prodi, V. (1997). A collaborative European study of personal inhalable aerosol sampler performance. *Annals of Occupational Hygiene* 41(2):135-153.

Leichnitz, K. (1998). Comparison and harmonization of measuring methods for air contaminants in the working environment. *International Archives of Occupational and Environmental Health* 71(Suppl):55-59.

Maidment, S. C. (1998). Occupational hygiene considerations in the development of a structured approach to select chemical control strategies. *Annals of Occupational Hygiene* 42(6):391-400.

Mark, D.; Vincent J. H. (1986). A new personal sampler for airborne total dust in workplaces. *Annals of Occupational Hygiene* 30(1):89-102.

Martin, P.; Brand, F.; Servais, M. (1999). Correlation of the exposure of a pollutant with a task-related action or workplace: the CAPTIV system. *Annals of Occupational Hygiene* 43(4): 221-233.

NIOSH (1992). *Analyzing Workplace Exposures using Direct-reading Instruments and Video Exposure Monitoring Techniques.* National Institute for Occupational Safety and Health, U.S. Department of Health and Human Services, USA. DHHS (NIOSH) Publication nº 92-104.

Ogden, T.L.; Topping, M. D. (1997). Occupational exposure limits for airborne chemicals in Britain. *Applied Occupational and Environmental Hygiene* 12(4):302-305.

Patty/Clayton, G. D.; Clayton, F. E. (1991). *Patty's Industrial Hygiene and Toxicology*, Clayton GD, Clayton FE, editors. *Volume I: General Principles*, 4th edition. Part A, 1991, ISBN 0-471-50197-2; Part B, 1991, ISBN 0 471-50196-4. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Cincinnati, OH, USA.

Patty/ Clayton, G. D.; Clayton, F. E. (1993/1994). *Patty's Industrial Hygiene and Toxicology*, Clayton GD, Clayton FE, editors. *Volume II: Toxicology*, 4th edition. Part A, 1993, ISBN 0-471-54724-7; Part B, 1993, ISBN 0 471-54725-5; Part C, 1994, ISBN 0 471-54726-3; Part D, 1994, ISBN 0 471- 54947-5; Part E, 1994, ISBN 0 471-01282-3; Part F, 1994, ISBN 0 471-01280-7. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Cincinnati, OH, USA.

Patty/ Cralley, L.J.; Cralley, L. V.; Bus, J. S. (1995). *Patty's Industrial Hygiene and Toxicology* Cralley LJ, Cralley LV, Bus JS, editors. *Volume III: Theory and Rationale of Industrial Hygiene Practice*, *Part B Biological Responses*, 3rd edition. ISBN 0-471-53065-4. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Cincinnati, OH, USA.

Patty/Harris RL, Cralley, L.J.; Cralley, L.V. (1994). *Patty's Industrial Hygiene and Toxicology.* Harris RL, Cralley LJ, Cralley LV, editors. *Volume III: Theory and Rationale of Industrial Hygiene Practice*, *Part A: The Work Environment*, 3rd edition. ISBN 0-471-53066-2. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Cincinnati, OH, USA.

Rosén, G.(1993). PIMEX – Combined use of air sampling instruments and video filming: experience and results during six years of use. *Applied Occupational and Environmental Hygiene* 8(4):344-347.

Russell, R. M.; Maidment, S.C.; Brooke, I.; Topping, M. D. (1998). An introduction to a UK scheme to help small firms control health risks from chemicals. *Annals of Occupational Hygiene* 42 (6):367-376.

Vincent, J. H. (1989). *Aerosol Sampling: Science and Practice*. Wiley and Sons, Chichester, U.K. ISBN 0-471-92175-0.

Vincent, J. H. (1995). *Aerosol Science for Industrial Hygienists*. Elsevier Science, Oxford, UK. ISBN 0-08-042029-X.

Vincent, J. H. (1998). International occupational exposure standards: a review and commentary. *American Industrial Hygiene Association Journal* 59(10):729–742.

WHO (1980). *Recommended Health-based Limits in Occupational Exposure to Heavy Metals*, Technical Report Series nº 647. World Health Organization, Geneva.

WHO (1984). *Evaluation of Exposure to Airborne Particles in the Work Environment*. WHO Offset Publication No 80. World Health Organization, Geneva.

WHO (1986). *Recommended Health-based Limits in Occupational Exposure to Selected Mineral Dusts (silica, coal)*. Technical Report Series nº 734. World Health Organization, Geneva.

Zimmer (1997). Comparative evaluation of dust control technologies on percussion rock-drilling rigs. *Applied Occupational and Environmental Hygiene* 12(12):782-788.

CAPÍTULO 5
ABORDAGENS E ESTRATÉGIAS DE CONTROLE

5.1 Abordagens para soluções relativas aos riscos ocupacionais

Um interesse renovado em medidas preventivas e soluções de controle foi desencadeado cerca de 10-15 anos atrás, através da introdução em vários países de legislação que estipula a abordagem sistemática na introdução de soluções para prevenção e controle da exposição a substâncias perigosas nos locais de trabalho (Buringh et al., 1992; Boleij et al., 1995). Desse mesmo período em diante, as sociedades de higiene ocupacional em diferentes países, por exemplo, a *British Occupational Hygiene Society* (BOHS) [Sociedade Britânica de Higiene Ocupacional] e a *Dutch Occupational Hygiene Society* (DOHS) [Sociedade Holandesa de Higiene Ocupacional] deram atenção renovada a estratégias para o controle da exposição ocupacional e a implementação de medidas de controle em suas reuniões anuais.

Depois da fundação da *International Occupational Hygiene Association* (IOHA) [Associação Internacional de Higiene Ocupacional], em 1987, o tema 'medidas preventivas' foi assunto de discussões e apresentações durante a primeira, segunda e terceira reuniões internacionais, respectivamente em Bruxelas, Hong Kong e Crans Montana. No entanto, continuam raras publicações na imprensa científica e profissional sobre a pesquisa e experiência sobre a introdução de medidas de prevenção e controle (tais como avaliações antes-e-depois) em setores específicos da indústria.

A maioria dos relatos e artigos científicos que tratam dos vários riscos ocupacionais se restringem a mencionar a necessidade de soluções adequadas e medidas preventivas enquanto falham em fazer sugestões concretas. Essa falta de interesse pode, em parte, ser explicada em termos da maneira *ad hoc* com que muitas melhorias em saúde e segurança são feitas. As medidas preventivas podem desencadear uma seqüência de ajustes que, algumas vezes, criam outros problemas em pontos diferentes do local de trabalho ou no processo. Por exemplo, certas medidas de controle podem atrapalhar o trabalho, afetar o conforto do operador ou influenciar a qualidade ou velocidade da produção. As soluções de controle são interdependentes e interagem com outras questões do local de trabalho. Alguns aspectos dessa interdependência serão agora considerados.

5.2 A necessidade de uma abordagem estratégica

Os fatores que afetam a exposição são interdependentes. Entretanto, todos necessitam ser considerados para que exposição à poeira seja controlada com sucesso. Alguns dos vários fatores que têm impacto na exposição ocupacional estão mostrados na Figura 5.1. Não há razão alguma para se fazer mudanças dispendiosas em um processo se, por exemplo, a equipe de manutenção não está adequadamente treinada para manter e verificar de forma eficiente o equipamento de controle da poeira e/ou intervir de maneira segura no caso de anomalias no processo.

De forma semelhante, não é efetivo e eficiente instalar um sistema de ventilação dispendioso se outros aspectos do controle são ignorados, por exemplo, a estocagem segura de substâncias, a proibição de comer, beber ou fumar no local de trabalho, as instalações para higienização pessoal, armazenamento adequado de materiais, manuseio apropriado e lavagem de roupas contaminadas.

Deve ser lembrado que a poeira não ocorre sozinha no local de trabalho e muitos outros perigos e fatores necessitam ser considerados e controlados. Além disso, sempre que for sugerida alguma medida de controle, o higienista ocupacional deve estar ciente de qualquer possibilidade de se criar outros fatores de risco, por exemplo, o ruído gerado por certos tipos de sistemas de controle é uma consideração importante, assim como o desenho do local de trabalho e muitos outros fatores.

Algumas das noções equivocadas que têm impedido a prevenção e o controle eficientes dos riscos em muitos lugares incluem:

- foco estreito na proposição de soluções de controle, concentrando em medidas "fim de tubo", que freqüentemente não são aplicáveis e podem ser dispendiosas (e.g., ventilação local exaustora para locais de trabalho muito pequenos), ou não aceitáveis pelos trabalhadores (e.g., respiradores em climas quentes), o que leva as pessoas desistirem da idéia de controlar os riscos;

- deixar que as ações preventivas sejam bloqueadas, quando os riscos e a necessidade de controle são óbvias, porque as avaliações quantitativas das exposições não foram realizadas;

- falta de abordagens multidisciplinares e colaboração e coordenação intersetoriais.

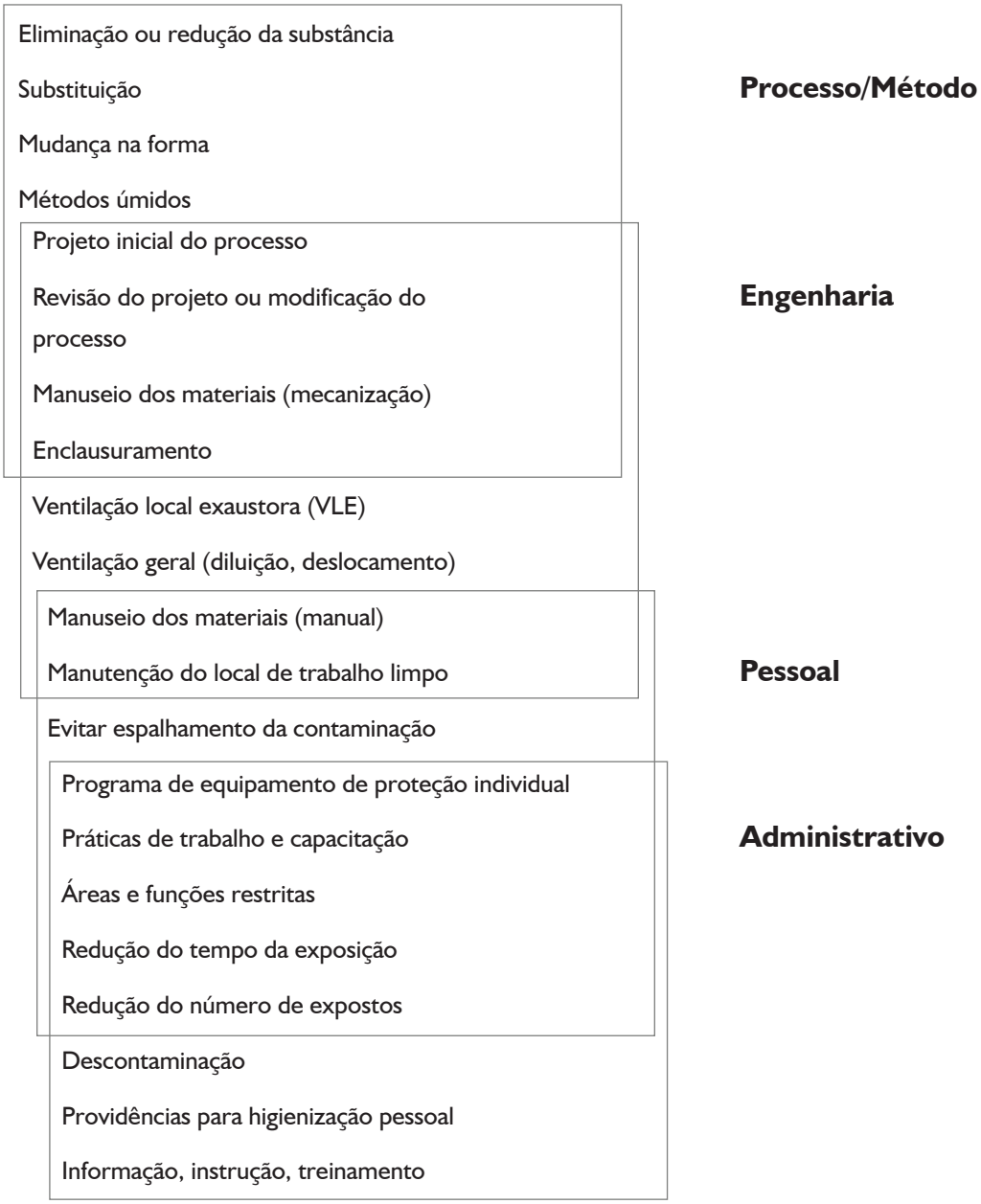


Figura 5-1 – Exemplos de fatores que afetam o controle dos riscos nos locais de trabalho (cortesia de A. Phillips, HSE)

As soluções freqüentemente são implementadas com base em tentativa e erro, de forma que alterações no processo ou na prática de trabalho são feitas gradualmente. Julga-se que o problema está controlado tão logo os efeitos adversos explícitos parecem ter desaparecido. Embora tais abordagens continuarão, sem dúvida alguma, a serem usadas, elas não são recomendadas porque podem resultar, por exemplo, na introdução de novos riscos escondidos ou outras conseqüências não esperadas. Por essas razões, existe um interesse crescente em abordagens planejadas e mais sistemáticas no que diz respeito às soluções de controle, junto com métodos para predizer o efeito e a efetividade das soluções.

A importância dos sistemas de gestão adequados está discutido no Capítulo 3. Uma abordagem sistemática para problemas específicos exige a classificação das várias etapas que interagem para produzir risco ao trabalhador, e esta classificação será agora considerada.

5.3 Classificação como um apoio à estratégia

A classificação de riscos é um elemento fundamental. Para um grande número de riscos ocupacionais e ambientais, o processo que vai desde a geração do agente à exposição eventual pode ser dividido em emissão, transmissão e exposição/absorção (Tabela 5.1). Isto se aplica a todos os riscos relacionados a energia ou materiais tóxicos (Haddon et al., 1964; Johnson, 1975). A emissão é a geração do agente de risco a partir de uma fonte. Após a liberação, a energia ou material é transferida através de um meio, e.g., o ar ambiente, água ou alimento. Isto é chamado transmissão e os controles na transmissão interferem nesta transferência. As medidas preventivas relativas à emissão são orientadas para a fonte, e aquelas relacionadas à exposição ou absorção são orientadas para o trabalhador ou operador.

Tabela 5-1 – O processo do risco

Fonte	→	**Emissão**
Meio	→	**Transmissão**
Receptor	→	**Exposição e absorção**

As soluções relativas à fonte geralmente são aceitas como sendo as mais efetivas. Embora esse pressuposto raramente tenha sido testado em pesquisa, ele serviu como uma "regra prática" nas quatro décadas passadas, o que pode ser visto na literatura especializada (Barnett e Brickman, 1986), e tem sido incorporada nas exigências oficiais em certos países. O argumento usual é que se a fonte está controlada, ninguém estará exposto. Aplicar o controle nas etapas de transmissão ou de absorção, sem o controle da fonte, significa que alguém mais poderia estar inesperadamente exposto a partir da mesma fonte.

A classificação de acordo com o processo do risco (Tabela 5.1) fornece uma classificação de soluções em termos do lugar onde a intervenção acontece. Entretanto, esta classificação omite soluções que podem mudar a atividade ou processo de trabalho de tal forma que a situação de risco seja mudada fundamentalmente. Uma abordagem alternativa em termos do processo de produção é delineada no Anexo III. É possível que ela venha se mostrar cada vez mais proveitosa no futuro, mas no restante deste capítulo e nos Capítulos 6 a 8 serão concentrados na abordagem apresentada na Tabela 5.1.

5.4 Opções de controle

Os primeiros passos são reconhecer o problema da poeira (e.g., exposição dos trabalhadores, poluição ambiental) e considerar as opções para o controle da exposição. Para isso questões úteis incluem:

Onde ocorre?

Por que ocorre?

O que pode ser feito a respeito?

Para planejar uma estratégia de controle, é essencial predizer ou identificar e compreender as várias fontes de emissão e os fatores da transmissão os quais determinam a exposição, lembrando-se de que a poeira freqüentemente necessita ser capturada o mais próximo possível de sua fonte, e não permitir que se espalhe por todo o local de trabalho. Para cada processo e para cada local de trabalho existe uma melhor solução que não é necessariamente a mais refinada tecnicamente porque muitos fatores, tais como o contexto sócio-econômico e cultural, devem ser considerados se as soluções tiverem que ser efetivas e os programas de controle sustentáveis.

Freqüentemente é muito fácil chegar à conclusão de que o controle da emissão e da transmissão é impraticável ou muito difícil e que o equipamento de proteção individual é a última opção que resta. Essa abordagem é errônea e deve ser evitada. Geralmente uma solução de controle é conseguida pela combinação de métodos selecionados. Considerações básicas no planejamento do processo podem resultar em muitas soluções para o problema de custo surpreendentemente compensador.

Como ponto de partida no planejamento de uma estratégia de controle para qualquer trabalho com o potencial de produzir exposição a poeira inaceitável, algumas questões devem ser formuladas, refletindo os fatores da Figura 5.1. As questões incluem as seguintes:

Questões relativas à fonte (Emissão)

- A operação realmente é indispensável?
- O processo poderia ser executado sem a utilização de material pulverulento?
- A operação tem que ser executada dessa forma?
- O processo pode ser automatizado?
- É realmente indispensável utilizar esta substância nociva em especial? Não seria possível eliminar justamente o uso dessa substância? Existe uma alternativa menos poeirenta ou tóxica? Os fornecedores não poderiam oferecer matérias primas numa forma menos friável ou poeirenta, ou numa condição diferente?

Questões relativas à Transmissão

- Que opções estão disponíveis para controlar as liberações de poeira por métodos de engenharia?
- Se a poeira não pode ser evitada, o processo pode ser enclausurado?
- Se a liberação da poeira é inevitável, pode-se evitar que ela alcance a zona respiratória do trabalhador?
- O processo pode ser segregado? Os outros trabalhadores necessitam estar na área?
- A área de trabalho é mantida limpa para evitar fontes secundárias de exposição pela re-suspensão da poeira sedimentada?
- Em que extensão os controles existentes são efetivos, e.g., sistemas de ventilação?

Questões relativas à exposição individual

- O operador necessita estar próximo do processo?
- O operador pode se afastar da fonte de emissão?

Questões gerenciais

- As medidas de controle estão integradas em programas bem gerenciados, com a participação efetiva dos trabalhadores, incluindo a avaliação periódica da eficiência?
- A força de trabalho está bem informada sobre as substâncias, processos e os riscos associados?
- A força de trabalho está adequadamente treinada nas melhores práticas de trabalho?
- Que questões de manutenção estão envolvidas (freqüência, custo, habilidades exigidas)?
- Que nível de responsabilidade é dado a quem?

As respostas a essas questões contribuem para a compreensão dos vários fatores e variáveis que devem ser consideradas para alcançar um bom nível de controle da poeira em um certo local de trabalho. As abordagens sistemáticas para o controle do risco têm sido desenvolvidas e discutidas na literatura (Swuste, 1996). Em vista do conhecimento disponível sobre operações e materiais, é possível predizer a exposição ocupacional potencialmente associada.

Como foi enfatizado na Seção 5.2, é necessário que o controle de materiais poeirentos não seja considerado de forma isolada. Por exemplo, não é aceitável mudar um processo ou deslocar um trabalhador se isso agrava a posição de trabalho do ponto de vista ergonômico e aumenta o risco de lesão músculoesquelética. De maneira similar, deve ser considerado qualquer impacto de controles propostos para o local de trabalho sobre as emissões ambientais ou disposição de resíduos. O efeito global das mudanças propostas tem que ser levado em conta.

A falta de vontade política e motivação pode ser uma barreira para alcançar bons níveis de controle no local de trabalho. Da parte dos proprietários e gerentes deveria existir comprometimento e sensibilidade com relação às necessidades dos trabalhadores, e da parte dos trabalhadores deveria existir aceitação de que certos agentes são nocivos e que a saúde deve ser protegida.

5.5 Ação preventiva antecipada

Na maioria dos casos, a prática da higiene ocupacional está focada sobre condições perigosas que já existem nos locais de trabalho. Por isso, a ação corretiva necessária não somente é tecnicamente mais difícil, mas também é mais dispendiosa, considerando que a produção em curso ou os serviços têm que ser paralisados para que sejam feitas as modificações necessárias. A abordagem ideal é antever os riscos para a saúde e o meio-ambiente durante o planejamento e concepção dos processos, equipamentos e locais de trabalho, de forma a evitá-los. As alternativas que aparentemente são mais dispendiosas podem se mostrar mais econômicas em longo prazo. Um parâmetro útil, que raramente tem sido estimado, é o custo de "não controlar" (Goelzer, 1997).

Sempre que se for projetar ou selecionar e instalar novos locais de trabalho, processos de trabalho, equipamentos ou maquinário, a melhor abordagem é utilizar a experiência sobre reconhecimento de riscos para prever os riscos potencialmente associados, e utilizar o conhecimento sobre controle de riscos para preveni-los antes que qualquer exposição nociva possa ocorrer. As equipes com a responsabilidade de localizar, projetar e licenciar novos locais de trabalho deveriam incluir especialistas em segurança e saúde no trabalho, assim como em questões ambientais. Isso exige elevado nível de capacitação de profissionais de higiene ocupacional para que possam participar do projeto de novos processos e instalações de forma a assegurar que opções mais saudáveis sejam apresentadas (WHO, 1992).

Felizmente, existe uma tendência emergente e crescente de se considerar as novas tecnologias do ponto de vista de seus possíveis impactos e a prevenção deles, desde o projeto e instalação do processo à disposição final de efluentes e resíduos resultantes.

Especialistas ambientais desenvolveram a abordagem 'Produção Mais Limpa' (UNEP, 1993) que protege não somente o meio ambiente, mas também a saúde dos trabalhadores, pois o vínculo entre ambos é inegável. O UNEP [PNUMA] tem o programa 'Produção Mais Limpa' [*Cleaner Production*] que objetiva a promoção de políticas, estratégias, sistemas de gestão e tecnologias de produção mais limpa para aumentar a eco-eficiência e reduzir os riscos para humanos e para o meio ambiente. Esse esforço inclui manter uma base de dados com estudos de casos (UNEP/ICPIC).

A avaliação do ciclo de vida [*life cycle assessment* – LCA] é uma abordagem emergente (UNEP, 1996) através da qual os efeitos que um produto tem sobre o meio-ambiente são avaliados em todo o seu ciclo de vida. Isto abrange a extração e processamento, a manufatura, o transporte e distribuição, o uso, o reuso e manutenção, a reciclagem e a disposição final. É uma abordagem completa para considerar a interação entre produtos e o meio-ambiente, incluindo o ambiente de trabalho. É uma análise do "berço ao túmulo", que pode ser usada para estudar o impacto ambiental tanto de um produto como da função para a qual o produto é designado a desempenhar, uma vez que ela revê os efeitos ambientais de todos os aspectos do produto sob investigação. O LCA pode influenciar fortemente as decisões sobre aquisições e conduzir a ações tais como, por exemplo, a proibição de certos agentes (e.g., altamente tóxicos ou carcinogênicos) de entrar em um país, o que é particularmente importante em todo lugar onde não existe possibilidade de impor os controles necessários. Por exemplo, produtos químicos, que somente podem ser usados sob controle muito estrito não deveriam ser permitidos em lugares onde medidas como enclausuramentos "livres de vazamentos" e sistemas de ventilação de alta eficiência não sejam viáveis do ponto de vista tanto da implementação como da operação / manutenção.

A prática da higiene ocupacional deve levar em conta essas novas dimensões. Raciocinar em termos da seleção adequada de processos de trabalho e da produção mais limpa deve ser amplamente promovido. Isto é particularmente importante para países no estágio de industrialização, de tal forma que abordagens corretas possam ser seguidas desde o início e os erros já cometidos em outras nações sejam evitados.

Os processos de produção mais limpos e seguros, mesmo que sejam inicialmente mais caros, com certeza valem a pena no longo prazo, inclusive do ponto de vista financeiro. A esse respeito, existe muito espaço para a colaboração internacional: o compartilhamento de conhecimento tecnológico e experiências práticas, tanto positivas como negativas, pode contribuir apreciavelmente para o desenvolvimento "mais seguro e saudável" em qualquer lugar.

A ação preventiva antecipada deveria ser promovida por todo o mundo (Goelzer, 1997), incluindo:

- avaliações do impacto à saúde ocupacional e ambiental, antes da elaboração do projeto e instalação de qualquer nova planta para indústria, produção de energia, agricultura e produção de alimentos, assim como para certos tipos de serviços, por exemplo, a manutenção de veículos, lavagem a seco, etc.;
- estudo cuidadoso de todas as alternativas viáveis, para a seleção daquelas que sejam mais adequadas, seguras e saudáveis, assim como a tecnologia menos poluidora, lembrando que uma alternativa inicialmente mais barata pode se tornar mais cara no longo prazo;
- localização adequada, em relação à geografia, topografia e condições meteorológicas (e.g. ventos dominantes);
- projeto correto, considerando todos os possíveis riscos para a saúde e segurança, com *layout* adequado e incorporação de tecnologia de controle apropriada com parte integral do projeto, incluindo condições seguras para manuseio e disposição dos efluentes e resíduos resultantes;
- elaboração de diretrizes e capacitação sobre a operação e a manutenção de locais de trabalho e equipamentos, incluindo práticas de trabalho adequadas, nunca negligenciando a preparação para situações de emergências.

As condições (e.g., instalações, pessoal e custos operacionais) devem ser criadas para a manutenção de equipamentos, de instalações e de medidas preventivas (e.g., sistemas de ventilação), esquemas de comunicação de riscos, programas de educação e treinamento para os trabalhadores, assim como a vigilância ambiental e da saúde em bases regulares.

5.6 Questões especiais

5.6.1 Trabalho de manutenção e reparo

Manutenção, reparo e outras atividades não rotineiras geralmente recebem menos atenção do que a necessária. A experiência mostra que tais atividades de trabalho podem envolver exposição e contaminação graves, uma vez que os trabalhadores freqüentemente fazem reparos quando os processos de trabalho ainda estão operando. Sempre que possível, os processos devem ser suspensos para a manutenção e reparos; as substâncias que provavelmente causam problemas devem ser removidas. As substâncias que reconhecidamente têm efeitos tóxicos agudos devem merecer atenção especial. Muitos acidentes fatais têm ocorrido porque procedimentos adequados de controle não são postos em uso durante essas operações não-rotineiras.

A equipe envolvida em atividades não-rotineiras geralmente necessita usar equipamento de proteção individual, mesmo que em alguns casos os operadores do processo não utilizam esse tipo de proteção nas atividades de rotina. A capacitação de tal equipe será portanto um aspecto importante do pacote de controle (veja Seção 6.5 e Capítulo 8). As ocupações de alto risco, em particular, incluem trabalho em indústrias que manuseiam produtos químicos tóxicos ou em instalações de coleta de poeira.

Uma vez que o sistema de controle tenha sido determinado e posto em operação, é necessário assegurar que o nível de proteção seja mantido ou melhorado. Para obter o melhor desempenho possível a partir de uma determinada abordagem estratégica, todas as medidas de controle necessitam ser mantidas em eficiente ordem de funcionamento.

Para controles de engenharia, como ventilação local exaustora, a manutenção regular planejada, o exame e a realização de ensaios de verificação são necessários para assegurar que o nível de proteção desejado foi alcançado. Em alguns países, existem exigências legais específicas nessa área e a competência da pessoa que realiza esse trabalho é uma questão fundamental.

É importante testar se as substâncias perigosas estão sendo controladas na totalidade e se os controles administrativos são efetivos, e.g. uso correto de áreas segregadas e zonas de proteção respiratória. A análise de informação de fontes tais como monitoração ambiental e vigilância da saúde, assim como, registros de manutenção, permitem que sejam feitas avaliações adequadas sobre a efetividade da estratégia de controle. Se forem viáveis, os programas de monitoração ajudam na determinação das tendências de exposição. Assim, qualquer tendência de aumento da exposição deve ser imediatamente investigada e a causa, corrigida.

5.6.2 Emergências

As emergências podem surgir durante o funcionamento de um processo e é necessário que procedimentos estabelecidos estejam implantados para evitar eventuais desastres. As emergências podem ser resultantes da perda de contenção da substância a partir de reações químicas não esperadas, da falha de controles de engenharia, ou mesmo da enfermidade do operador ou do erro humano.

Obviamente, não é possível planejar além das situações previsíveis mas, sempre que possível, os processos devem ser projetados para operar de tal forma que, se uma falha ocorrer, eles paralisem de forma segura. Os procedimentos de emergência exigem capacitação específica para toda a equipe. Desde que tais procedimentos dependem quase que exclusivamente do uso equipamento de proteção individual, é vital que toda a equipe que poderá estar envolvida esteja adequadamente capacitada e o equipamento exigido esteja facilmente acessível e sempre mantido em boas condições de funcionamento. No caso de perda de contenção durante o transporte, é essencial que os indivíduos compreendam os limites de seus envolvimentos e as circunstâncias nas quais eles deveriam chamar por assistência externa. E necessitam estar cientes de qualquer ação que deveria ser tomada nesse ínterim até que a assistência ocorra.

A preparação para emergências requer capacitação básica e revisão regular, tendo em vista a possibilidade de mudanças nos perigos e circunstâncias.

Referências para o Capítulo 5

Barnett, R.; Brickman, D. (1986). Safety hierarchy. *Journal of Safety Research* 17:49-55.

Boleij, J.; Buringh, E.; Heederik, D.; Kromhout, H. (1995). *Occupational Hygiene of Chemical and Biological Agents*, Elsevier, Amsterdam.

Buringh, E.; Noy, D.; Pouwels, H.; Swuste, P. (1992). A systematic implementation of control measures for airborne contaminants in workplace air. *Staub – Reinhaltung der Luft* 52:347-351.

Goelzer, B. (1997). Occupational hygiene. In: *The Workplace, Volume 1: Fundamentals of Health, Safety and Welfare*, Brune D, Gerhardsson G, Crockford GW, D' Auria D, editors. ILO and Scandinavian Science Publisher, Oslo, pp 391-418. ISBN 82-91833-00-1.

Haddon, W.; Suchman, E.; Klein, D. (1964). *Accident Research: Methods and Approaches*, Harper and Row, New York.

Johnson, W. (1975). MORT: the management oversight and risk tree. *Journal of Safety Research* 7:5-15.

Swuste, P. (1996). *Occupational Hazards, Risks and Solutions*. PhD thesis, Delft University of Technology, Delft University Press, Delft, The Netherlands.

UNEP (1993). *Cleaner Production Worldwide*. United Nations Environment Programme, Industry and Environment (UNEP/IE), Paris, France.

UNEP (1996). *Life Cycle Assessment: What It Is and How to Do It*. United Nations Environment Programme, Industry and Environment (UNEP/IE), Paris France.

WHO (1992). *Occupational Hygiene in Europe – Development of the Profession*. European Occupational Health Series nº 3. World Health Organization, Geneva.

CAPÍTULO 6
CONTROLE DE FONTES DE POEIRA

O item 5.3 do capítulo 5 discutiu a classificação das abordagens para controle dos riscos na fonte (emissão), no meio (transmissão) ou no receptor (exposição e absorção). Este capítulo apresenta as medidas preventivas que consistem em ações na fonte. O risco pode ser reduzido pela **eliminação** do uso de materiais produtores de poeira, pela **redução** da quantidade usada (se possível), pela **substituição** desses materiais por outros menos perigosos ou pela **mudança de suas formas** de modo que a exposição se torne irrelevante.

6.1 Eliminação

A eliminação geralmente significa uma alteração do processo ou uma mudança na tecnologia de forma que substâncias possivelmente perigosas não sejam mais necessárias. Os benefícios incluem:

- trabalhadores não estarão mais expostos;
- o ambiente não estará mais contaminado, através da disposição do resíduo, dos materiais não usados, ou através da saída de sistemas de ventilação.

Exemplos de eliminação são o desaparecimento do uso de chumbo nos processos de impressão gráfica, a introdução de solda de prata livre de cádmio, e a proibição de amianto em gesso decorativo ou materiais isolantes em edifícios. A mudança de pesticidas químicos para sistemas alternativos de controle de pragas deveria ser vista como eliminação de substâncias perigosas que afetam tanto seres humanos como o meio-ambiente.

A eliminação pode ser encorajada através de legislação nacional ou internacional. Muitas substâncias têm sido banidas completamente ou para certos usos. É útil manter-se informado sobre substâncias ou produtos que foram banidos, retirados ou severamente limitados em diferentes países. As Nações Unidas publicaram uma lista que inclui produtos farmacêuticos, produtos químicos para a agricultura, produtos químicos industriais e produtos de consumo (UN, 1994). No nível do usuário, especificações de compras podem encorajar o fornecimento de substâncias não perigosas.

6.2 Substituição de materiais (natureza, forma)

Se a eliminação não é possível, a substituição por materiais menos perigosos é potencialmente a melhor forma de reduzir o risco (mas veja a Seção 6.3, Problemas de substituição). Os benefícios para o local de trabalho e para o meio ambiente apresentados na Seção 6.1 se aplicam na medida em que o risco é reduzido.

A substituição tem sido freqüentemente usada com grande sucesso. Por exemplo, muito do esforço e inovação em substituição tem sido concentrado na necessidade de substituir o amianto em muitas da sua vasta lista de aplicações. Alternativas ao uso do amianto têm sido discutidas na literatura (Rajhans e Bragg, 1982; Hodgson, 1989). Novos materiais e compósitos têm sido criados espelhando-se em algumas das propriedades de minerais naturais e, algumas vezes, envolvendo métodos de trabalho completamente novos. Às vezes outros produtos fibrosos menos perigosos foram desenvolvidos para usos tais como o isolamento. Entretanto, a cautela deve ser sempre exercitada porque, no ímpeto de desenvolver novos materiais, há sempre o perigo de se criar produtos que, ao lado das vantagens desejáveis, também criam novos riscos que não são completamente compreendidos.

Freqüentemente acontece que certo processo ou produto químico seja usado eventualmente e as possibilidades de sua substituição sequer são consideradas. A necessidade de se usar substâncias perigosas, na forma em que comumente são usadas, deveria ser sempre reexaminada. As abordagens para a substituição deveriam ser acompanhadas e isto tem sido discutido na literatura (Goldschmidt, 1993; Filskov et al., 1996). Para se trabalhar sistematicamente na descoberta de possíveis soluções de substituição, é útil dividir o processo nas seguintes etapas (HSE, 1994):

1. **Identificação do problema**
2. **Identificação de uma lista de alternativas**
3. **Identificação das conseqüências das alternativas**
4. **Comparação das alternativas**
5. **Decisão**
6. **Implementação**
7. **Avaliação do resultado**

Exemplos de substituição incluem o uso de:

- vitrificado sem chumbo na indústria cerâmica;
- dióxido de titânio e óxido de zinco como pigmentos para tintas sem chumbo;
- agente de separação sem sílica em vez de areia moída em fundições;
- agregados sem sílica em vez de areia silicótica em fundições;
- granalhas de aço, coríndon ou carbeto de silício em vez de areia em jateamento abrasivo (entretanto, independentemente do abrasivo usado, perigos sérios relacionados a poeiras ainda podem permanecer se e quando as partes a serem limpas contiverem areia, tintas à base de chumbo, etc.);

- rebolos sintéticos (e.g. óxido de alumínio, carbeto de silício) em vez de rebolo de arenito;
- materiais sem sílica no lugar de areia usada na indústria cerâmica para colocação ou fixação.

6.3 Problemas de substituição

A substituição pode criar seus próprios problemas que necessitam ser considerados, como os que se seguem:

- Um substituto pode ser menos perigoso, mas se suas propriedades resultarem em aumento da concentração atmosférica ou da exposição do trabalhador, o risco pode aumentar de fato. Ou a exposição pode ser diminuída por inalação, mas aumentar através da ingestão, ou podem ocorrer efeitos maiores sobre a pele.
- A substituição pode reduzir a exposição a substâncias tóxicas, mas aumentar outros problemas de saúde e segurança. Por exemplo, Bartlett et al. (1999) descobriram que a substituição de solventes na indústria gráfica introduziu problemas ergonômicos e perigos de escorregões em conseqüência de derramamentos. Os trabalhadores tinham que estar envolvidos nas mudanças e serem reciclados. Um substituto pode ser menos tóxico, mas, ser mais inflamável. A areia de zircônia[3] usada como um substituto para sílica em fundições é um pouco mais radioativa que a sílica, e isto deve ser considerado.
- O substituto pode ter problemas de compatibilidade com o resto do processo. Por exemplo, óxido de alumínio, usado como um substituto para sílica como um meio de assentamento na indústria cerâmica é abrasivo e pode causar erosão na instalação e nos sistemas de ventilação. A substituição de asbestos em pastilhas de freio foi atrasada porque as diferentes propriedades de fricção implicaram na necessidade de se projetar novamente todo o sistema de freio.

Entretanto os fatores que devem ser lembrados incluem os seguintes:

- o material substituto têm que ser bem conhecido e apreciavelmente de menor toxicidade;
- o material substituto não deve introduzir um risco que seja mais difícil de ser controlado (um risco mais sério não necessariamente é mais difícil de ser controlado, mas os controles devem ser implementados);
- a substituição deve ser tecnicamente exeqüível;
- o material substituto deve estar disponível a um custo razoável.

É **importante manter-se atualizado sobre as propriedades toxicológicas de produtos químicos**, porque alguns produtos que, em determinado momento, se acreditava serem de baixa toxicidade mostraram-se, posteriormente, altamente tóxicos ou mesmo carcinogênicos. Além disso, no caso de poeira, a substituição deve ser acompanhada de outras medidas de controle para mantê-la a um mínimo, porque exposição excessiva a qualquer poeira, mesmo de muito baixa toxicidade, deve ser evitada.

[3] Bióxido de zircônio [nota do tradutor]

6.4 Substituição de areia de sílica em jateamento abrasivo

A substituição de areia de sílica em jateamento é uma questão importante e controversa, no sentido de que as regulamentações nos EUA diferem daquelas de muitos outros países. A areia de sílica como material de jateamento tem sido banida em muitos países, por exemplo: Bélgica, Canadá (Colúmbia Britânica), Alemanha, Noruega, Suécia, Suíça, e Reino Unido (em parte). Nos Estados Unidos, a areia de sílica tem a recomendação de ser banida pelo NIOSH, SESAC (Shipyard Employment and Advisory Committee) Marinha norte-americana, MSHA e ANSI. Um grupo de especialistas em toxicologia do NIOSH preparou um graduação toxicológica preliminar para materiais abrasivos.

Exemplos de materiais abrasivos para jateamento disponíveis para serem usados no lugar de areia de sílica incluem olivina, estaurolita, granalha de aço, óxido de alumínio, vidro moído, hematita especular. Todos esses abrasivos duros contem <1% de quartzo, exceto a estaurolita (uma variedade tem 5% de quartzo, e outra tem cerca de 1% de quartzo). A granada também é usada, mas pode conter quartzo desde níveis não detectáveis até cerca de 8%. A escória de cobre também tem sido usada, mas pode conter quantidades variáveis de arsênio, berílio, e outros metais nocivos. A granalha de aço tem 95% a 99% de ferro, porém, pode conter uma certa quantidade de arsênio. Entretanto, impurezas eventualmente presentes nesses materiais devem ser investigadas previamente, avaliando seus perigos potenciais.

Alguns abrasivos podem ser reciclados, o que diminui significativamente os respectivos custos operacionais (e.g. granalha de aço pode ser reciclada 100-500 vezes dependendo da qualidade usada). Algum abrasivo tem maior taxa de destruição[4] e menores taxas de consumo (a quantidade de abrasivo usada para destruir a mesma superfície).

Abrasivos mais macios ou moles incluem sabugo de milho, casca de nozes, contas de vidro, bicarbonato de sódio, meios abrasivos em plástico, polímero de carboidrato (amido de trigo). Os abrasivos mais macios ou moles geralmente são usados em substratos mais suaves onde a superfície não pode tolerar quaisquer mudanças dimensionais. Por essa razão eles geralmente têm aplicações diferentes daquelas dos abrasivos mais duros. Entretanto, alguns produtores de bicarbonato de sódio misturam seus abrasivos com abrasivos mais duros (granada, estaurolita e areia) para melhorar as capacidades de abrasão. Esponjas, que requerem o uso de equipamento de abrasão especiais, podem ser misturadas com granada e estaurolita para fornecer capacidades abrasivas mais favoráveis. Por essa razão, mesmo os abrasivos "naturais" podem conter materiais perigosos e os perigos potenciais devem ser investigados.

Granada moída, um produto branco, pode ser aceitável para limpar fachadas de edifícios e estruturas de concreto onde as objeções para usar abrasivos livres de sílica se concentraram em problemas de descoloração.

[4] No sentido de remoção de parte da superfície, abrasão.

6.5 Forma física

Embora a **forma** na qual um certo produto químico é usado não muda suas propriedades toxicológicas, ela pode mudar sua probabilidade de penetrar no organismo humano e alcançar o órgão alvo. Por essa razão, pode ser possível eliminar efetivamente ou diminuir exposições perigosas através da **mudança da forma** na qual a substância é usada. Discutir o assunto com os fornecedores de matérias primas ou intermediários pode resultar em reduções na exposição simples e de baixo custo. Os exemplos são:

- alguns materiais pulverulentos podem ser granulados ou usados em suspensão líquida;
- o uso de materiais tóxicos na forma de grânulos ou flocos em vez de pós-finos, é efetivo na redução da propagação da poeira pelo ar;
- os produtos químicos para adição em banhos galvânicos podem ser adicionados com bombas nas formas de soluções concentradas e não manualmente como sólidos pulverulentos;
- na indústria do papel, o caulim pode ser fornecido na forma de uma pasta fluida, eliminando assim a maioria dos problemas de poeira potenciais;
- os produtos químicos na indústria da borracha que são pré-empacotados ou incorporados na pré-mistura da borracha para a adição no processo pode minimizar a possibilidade de exposição;
- pós-tóxicos usados na forma de uma solução concentrada manuseada em um sistema fechado (e.g. solução de hidróxido de sódio bombeada de um carro tanque para um sistema fechado);
- o uso de areia úmida em vez de areia seca na moldagem em fundições reduz substancialmente a tendência de que partículas finas se tornem suspensas no ar durante a mistura, o enchimento do molde e a compactação;
- a aquisição de tijolos refratários (por exemplo, para substituição de revestimentos internos de fornos) já nas dimensões exigidas, evitando-se que sejam serrados no local de trabalho e, portanto, prevenindo-se a exposição à poeira através dessa fonte.

6.6 Modificação de processos e equipamentos

Esse grupo de medidas inclui a substituição ou modificação de processos, operações e equipamentos com o objetivo de se alcançar redução apreciável na geração de contaminante (e.g., pela redução da velocidade do processo), eliminação ou diminuição na formação de sub-produtos não desejáveis, e eliminação ou minimização do contato físico entre trabalhadores e agentes perigosos (e.g., uso de auxílios mecânicos tais como tenazes ou pinças, mecanização, etc.). Isso poderia incluir, por exemplo, o uso de moagem a úmido em vez de moagem a seco, ou adaptando-se tampas para recipientes com materiais pulverulentos ou para caixas de resíduos.

Assim como no caso de substituição de materiais, o desenvolvimento de novos processos, operações, ou equipamentos não deve introduzir novos riscos e ser tecnicamente viável e aceitável no âmbito local (veja Seção 6.3). Um processo que produz menos poeira, mas é apreciavelmente mais ruidoso, não pode ser solução aceitável, desde que haja possibilidade de controlar a poeira utilizando-se outras medidas.

Uma maneira diferente de realizar uma operação pode reduzir o risco, por exemplo, a Figura 6.1 mostra um princípio interessante de enchimento de sacos que diminui a dispersão da poeira. Outro exemplo é apresentado na Figura 6.2, que mostra uma mecanismo em espiral simples para esvaziar um saco de material pulverulento. Nesse exemplo (INRS, 1994), um saco com capacidade de 1 a 2 m^3, equipado com duas alças flexíveis (na parte superior e inferior), é colocado sobre um suporte (semelhante a um funil) com uma base aberta. Assim que o saco é aberto, o produto cai por ação da gravidade. A parte inferior do funil é equipada com um dispositivo contendo uma espiral no seu interior, que desloca cuidadosamente o material pulverulento para fora, evitando, assim, a queda abrupta e a dispersão da poeira.

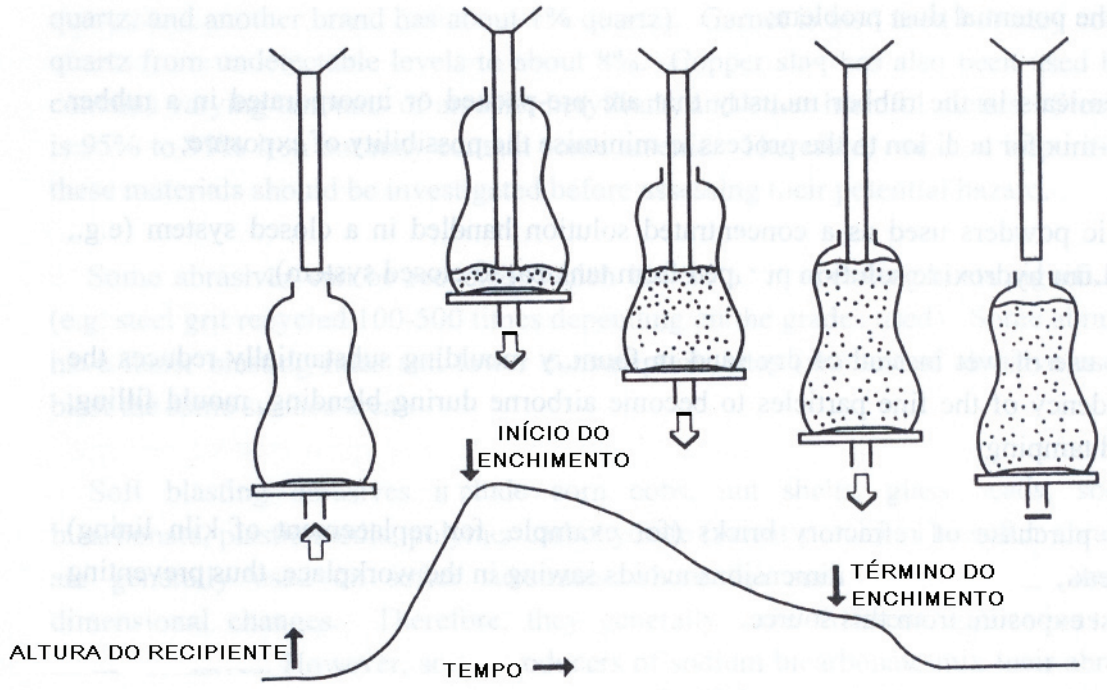


Figura 6-1 – Princípio de enchimento de baixo para cima (Transmatic Fyllan Ltda; por cortesia de A. Phillips, HSE).

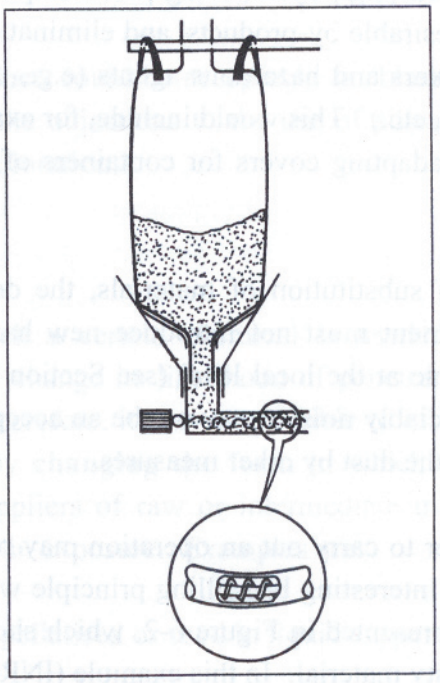


Figura 6-2 – Esvaziando um saco: dispositivo em espiral para movimentação de material poeirento (INRS, 1994; por cortesia do INRS).

6.7 Métodos úmidos

Uma das formas mais comuns de modificação de processo é o uso de materiais úmidos ou métodos úmidos, tais como molhar produtos pulverulentos, perfuração a úmido, pulverização com água nos pontos de geração da poeira, limpeza a úmido dos pisos e superfícies de trabalho e o ouso de estabilizadores para montes ou pilhas de resíduos. Exemplos recentes desta abordagem incluem Belle e Ramani (1997), Tien e Kim (1997) e Thorpe et al. (1999).

Uma das formas pelas quais os métodos úmidos reduzem poeira é que blocos grandes são cobertos com um fino filme de líquido, circundando pequenas partículas de poeira que, caso contrário, poderiam tornar-se suspensas no ar. Os métodos úmidos são, por essa razão, mais eficientes quando a água é introduzida no ponto da geração da poeira de forma que as partículas se tornam molhadas antes que tenham chance de se dispersarem no ar do ambiente. No corte de rocha e carvão, assim como na perfuração, isso pode ser obtido por alimentação de água através da broca do instrumento e sobre a face de corte. Esta técnica tem sido amplamente usada para reduzir a exposição à poeira em minas e pedreiras. Vários estudos mostraram reduções acentuadas na ocorrência de silicose em minas e em pedreiras de granito nos anos que seguiram à introdução de perfuração a úmido, que deveria ser usada sempre que viável. Uma grande variedade de perfuratrizes a úmido está disponível no mercado, assim como marteletes pneumáticos com acessórios de fluxo contínuo de água.

Entretanto, mesmo quando se utiliza perfuração a úmido, ainda assim pode haver exposição à poeira porque poeira originalmente seca nem sempre é completamente molhada e retida. Além disso, para certas posições da perfuratriz (e.g. perfuração acima da cabeça), a

quantidade de água no buraco da perfuração pode não ser suficiente. Por essa razão, o ar na zona respiratória dos trabalhadores deve ser monitorado e, se necessário, a ventilação e/ou proteção individual devem ser usadas como medidas complementares. Existe um perigo de que a presença de borrifos de água possa proporcionar aos trabalhadores uma crença injustificada de que não existe exposição à poeira.

Sempre que métodos úmidos são usados, a evaporação da água que transporta a poeira pode constituir **uma fonte secundária de poeira,** e isso deve ser evitado ou controlado. Outro problema a ser considerado é o **aumento do estresse térmico** causado pela umidade excessiva, particularmente em locais quentes e sob situações extremas. Esse problema pode até mesmo excluir o uso de métodos úmidos, o que pode ser de importância particular nas minas subterrâneas.

Água encanada pode ser usada com instrumentos portáteis. Thorpe et al. (1999) demonstraram que ao se usar serras elétricas para cortar lajes, o sistema de água pode reduzir a poeira respirável em mais de 90%.

Os métodos úmidos não necessariamente usam água. Por exemplo, um método de controle de poeira baseado na pulverização de óleo de cânula foi efetivamente usado em celeiros com galpões anexos para suínos, resultando em melhor qualidade do ar interno e redução de efeitos agudos à saúde em sujeitos saudáveis (Senthilselvan et al., 1997). A adição de pequenas quantidades de óleo mineral em lãs minerais reduz significativamente a emissão de fibras respiráveis durante a aplicação.

Óleos ou água têm sido adicionados a sólidos para reduzir a pulverulência em várias situações. Os exemplos são: o uso de água como um agente umedecedor no armazenamento externo de grandes quantidades de certos materiais pulverulentos; o processamento a úmido de minerais; o uso de lamas e materiais molhados na indústria cerâmica e a moagem a úmido ao invés de moagem a seco.

É importante que o líquido umedecedor não interfira no processamento subseqüente do material. Fulekar (1999) relatou que a administração de uma pedreira alegou isso como razão para não usar métodos úmidos na produção poeirenta de quartzo moído, mesmo que a legislação exigisse controle na fonte. Um dos problemas no uso de surfactantes para melhorar o desempenho da água com minerais é a interferência subseqüente nos processos de flotação do minério.

Borrifos de água geralmente são usados em operações, tais como a moagem, o transporte e a transferência de materiais pulverulentos sobre rochas e minérios ou como uma "cortina" para confinar a poeira a certas áreas e prevenir que ela se disperse por grandes partes do ambiente de trabalho. Há duas ações envolvidas: primeiro, tais borrifos adicionam umidade ao material de trabalho e, portanto, reduz a propensão de a poeira tornar-se suspensa no ar; segundo, tais borrifos produzem gotículas dispersas no ar, que agem como coletores para as partículas também dispersas no ar.

Um dos problemas com borrifos de água consiste no fato de ser difícil obter contato íntimo entre as partículas de poeira e as gotículas de água (a menos que a poeira seja grossa). Além disso, devido ao movimento do material pulverulento (e.g. minérios triturados trans-

portados em correias transportadoras), as áreas secas tornam-se continuamente expostas e a poeira pode ser liberada antes que seja molhada. Em tais casos, pode ser necessário aplicar o borrifo de água continuamente à medida que o material se movimenta e poeira seca possa ser liberada. Mistura mecânica moderada aumenta grandemente a velocidade do processo de espalhamento da água sobre a superfície da rocha e pode melhorar a supressão da poeira em correias transportadoras e durante a moagem.

Ao se molhar rochas, o líquido tem que espalhar-se sobre toda a superfície e geralmente leva-se muito tempo para que a água se espalhe sobre a superfície em uma pilha de rocha. A efetividade do controle depende das propriedades da superfície da rocha e do líquido. Knight (1980) mostrou que a maioria das rochas comuns (exceto minerais contendo sulfeto e carvões coqueificados) era molhável, mas que tempos de umidificação mais longos melhoram a supressão da poeira numa extensão que varia com o tipo de rocha. Knight encontrou que a adição de agentes surfactantes umedecedores aumentou a velocidade do processo, especialmente para rochas difíceis de serem umedecidas, mas, em geral, essa adição não mostrou qualquer efeito nos testes feitos em minas. No entanto, Tien e Kim (1997) mostraram que agentes surfactantes podem fazer uma grande diferença para alguns tipos de carvão.

A alimentação de máquinas com água apresenta dois grandes problemas (Knight, 1980): (1) o problema humano de assegurar que o suprimento de água está conectado e ligado (isto pode ser evitado pela interconexão de válvulas de água ao suprimento de energia), e (2) entupimento devido a sujeiras e crostas na tubulação e, para se evitar isto, tem sido recomendado que os orifícios do borrifador tenham um diâmetro não inferior a 1,5 mm e sejam protegidos com telas filtrantes na máquina ou próximo a ela.

Os líquidos geralmente são supressores efetivos de poeira. Óleos e soluções salinas têm sido usados especificamente para evitar a secagem ou congelamento. A secagem da poeira sedimentada em autopistas subterrâneas tem sido prevenida pelo uso de sal higroscópico como aglutinante. O congelamento de minério molhado, durante o transporte externo no inverno, tem sido reduzido pelo uso de óleo ou soluções salinas.

É muito mais efetivo reduzir a geração de poeira pela umidificação da fonte do que tentar captar a poeira dispersa no ar com água borrifada, mas borrifos podem ser usados dessa forma. O mecanismo de coleta é principalmente a impactação e, dentro de certos limites, ele é mais efetivo quanto menores forem as gotículas do borrifo de água e maiores as partículas. A captura é menos eficiente para partículas de poeiras mais finas. Na realidade, a fração de poeira mais difícil de se controlar por meios de métodos úmidos é a fração respirável, que freqüentemente é a mais importante, mas um exemplo bem sucedido foi dado por Jones e James (1987). Eles usaram borrifos em tubos de poucos centímetros de diâmetro para induzir o fluxo de ar através dos tubos, removendo 90% da poeira respirável do processo.

O uso de água é muito importante na **limpeza** de locais de trabalho poeirentos, principalmente quando o equipamento de limpeza a vácuo não estiver disponível. Em pisos de concreto, a retenção de água proveniente da limpeza úmida rotineira mantêm os pisos úmidos por algum tempo e assim reduz a liberação de poeira. Borrifos de água por temporários podem reduzir a formação de poeira nos intervalos entre as limpezas.

Sempre que se for planejar o uso de métodos úmidos, alguns aspectos e **limitações que devem ser considerados** incluem os seguintes pontos:

- a água não deve interferir criticamente no processo, e não deve haver possibilidade de reações químicas com água que poderiam resultar em sub-produtos perigosos;
- o material pulverulento deve ser "molhável";
- a umidade extra não deve agravar desnecessariamente o estresse térmico;
- pisos úmidos (especialmente combinados com ordem e limpeza deficientes) podem criar um perigo adicional de escorregões e quedas devido à lama ou outros materiais molhados; e
- arranjos devem ser feitos para a disposição adequada da água que carrega a poeira, caso contrário, poderia eventualmente evaporar e liberar a poeira.

6.8 Manutenção de equipamentos

Máquinas e equipamentos bem mantidos e bem regulados geram agentes perigosos em menor quantidade ou intensidade, como contaminantes atmosféricos e ruído. Por exemplo, reduções importantes em emissões fugitivas para o local de trabalho podem ser obtidas através da prevenção de vazamentos de sistemas fechados, válvulas, bombas e pontos de amostragem.

Os programas de manutenção deveriam incluir:

- inspeção de todo equipamento na planta, feita por pessoal treinado e de forma regular;
- registro do desempenho do equipamento em diários regularmente revisados para detectar qualquer deterioração no desempenho;
- consertos regulares e de rotina e ajustagens no equipamento; e
- reparo de vazamentos e falhas o mais rápido possível, preferivelmente antes que os vazamentos se tornem catastróficos.

Qualquer operação de manutenção pode se tornar uma fonte de risco excepcional. Medidas de segurança devem ser implementadas para prevenir, por exemplo, que a maquinaria seja posta em movimento durante a manutenção. A manutenção pode se tornar causa da exposição e a equipe de manutenção deve ser plenamente considerada na avaliação da exposição (Capítulo 4), nos controles (Seção 5.6.1) e na vigilância da saúde.

Referências para o Capítulo 6

Bartlett I.W., Dalton A.J.P., McGuiness A., Palmer H. (1999). Substitution of organic solvent cleaning agents in the lithographic printing industry. *Annals of Occupational Hygiene* 43(2):83-90.

Belle, B. K.; Ramani, R.V. (1997). Laboratory evaluation of a two-phase spray system for airborne dust suppression. *Applied Occupational and Environmental Hygiene* 12(12):872-881.

Filskov, P.; Goldschmidt, G.; Hansen, M. K.; Hoglund, L.; Johansen, T.; Pedersen, C. L.; Wobroe, L. (1996). *Substitutes for Hazardous Chemicals in the Workplace*. Danish Occupational Health Services, Denmark. ISBN: 1-56670-021-3.

Fulekar, M. H. (1999). Occupational exposure to dust in quartz manufacturing industry. *Annals of Occupational Hygiene* 43(4):269-273.

Goldschmidt, G. (1993). An analytical approach for reducing workplace health hazards through substitution. *American Industrial Hygiene Association Journal* 54(1):36-43.

Hodgson, A. A. (1989). *Alternatives to Asbestos: The Pros and Cons.* Wiley, USA.

HSE (1994). *7 Steps to Successful Substitution of Hazardous Substances*, HSG 110. Health and Safety Executive, UK. ISBN 0-7176-0695-3.

INRS (1994). *Emploi des Matériaux Pulvérulents*, Publication ED 767. Institut National de Recherche et de Sécurité, Paris, France.

Jones, A. D.; James, G. C. (1987). Air movement and cleaning by water sprays. *Annals of Occupational Hygiene* 31(2):161-179.

Knight, G. (1980). *Generation and Control of Mine Airborne Dust*, CANMET Report 80-27E. Energy, Mines and Resources Canada, Ottawa, Canada.

Rajhans, G. S.; Bragg, G. M. (1982). *Engineering Aspects of Asbestos Dust Control*, Ann Arbor Science, USA.

Senthilselvan, A.; Zhang, Y.; Dosman, J. A.; Barber, E. M.; Holfeld, L. E.; Kirychuk, S. P.; Cormier, Y.; Hurst, T. S.; Rhodes, C. S.; (1997). Positive human health effects of dust suppression with canola oil in swine barns. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 156(2 Pt 1): 410-417.

Thorpe, A.; Ritchie, A. S.; Gibson, M. J.; Brown, R. C. (1999). Measurements of the effectiveness of dust control on cut-off saws used in the construction industry. *Annals of Occupational Hygiene* 43(7):443-456.

Tien, J. C.; Jin Kim (1997). Respirable Coal Dust Control using Surfactants. *Applied Occupational and Environmental Hygiene* 12(12):957-963.

UN (1994). *Consolidated List of Products whose Consumption and/or Sale have been Banned, Withdrawn, Severely restricted of not Approved by Governments, 5th issue*. United Nations, Department for Policy Coordination and Sustainable Development, New York.

CAPÍTULO 7
CONTROLE NA TRANSMISSÃO DA POEIRA

A seção 5.3 explicou como a poeira pode ser controlada nos estágios de emissão, transmissão ou exposição. O capítulo 6 tratou do controle da emissão. Se as emissões de poeiras não podem ser eliminadas ou reduzidas a níveis desejáveis pelo controle na fonte, devem-se considerar formas de prevenir a transmissão da poeira por todo o ambiente de trabalho, e este é o assunto deste capítulo. O princípio é separar os trabalhadores da poeira, quer seja pela contenção (Seção 7.1), ou pelo uso de ventilação geral (7.3) ou ventilação local exaustora (7.4) para remover o ar empoeirado antes que ele alcance o trabalhador.

7.1 Contenção (ou isolamento) e enclausuramentos

A contenção ou isolamento consiste basicamente em colocar uma barreira entre a fonte de poeira e os trabalhadores. Ela pode ser aplicada na fonte ou além dela, em qualquer ponto, até as vizinhanças imediatas dos trabalhadores. *Isolamento da fonte* implica em uma barreira entre a fonte de risco e o ambiente de trabalho, enquanto o *isolamento do trabalhador* significa, por exemplo, um operador de guindaste trabalhando em uma cabine ventilada. O princípio de contenção/isolamento também tem aplicações simples: por exemplo, colocação de uma cobertura numa peneira pode ter um grande impacto na redução da exposição a pós-finos.

Como foi explicado na Seção 5.3, em princípio, é sempre preferível controlar na fonte ou próximo a ela e, por essa razão, o enclausuramento da fonte é preferível ao enclausuramento do trabalhador. O enclausuramento de apenas um trabalhador permite o risco continuado de exposição de outros e de contaminação do ambiente. Enclausuramentos de fontes geralmente estão associados à ventilação exaustora e assim eles são mantidos sob pressão negativa. Desse modo, os contaminantes são removidos do local de trabalho e quaisquer vazamentos ocorrerão do local de trabalho para o interior do sistema de ventilação, impedindo que o ar empoeirado torne a entrar no local de trabalho.

O controle da exposição por meio do enclausuramento total do processo ou sistema de manuseio, se exeqüível, geralmente resulta em grandes reduções da exposição. Os exemplos incluem:

- enclausuramento de sistemas transportadores e de sucessivos pontos de transferência, como no processamento de minerais onde são movimentadas grandes quantidades de materiais;
- enclausuramento total de estágios iniciais do processamento de algodão, incluindo abertura de fardos, batedura e cardação;
- sistemas totalmente enclausurados para operações envolvendo materiais tóxicos na indústria química.

Produção automatizada e operações controladas remotamente podem ser realizadas dentro de enclausuramentos sem a presença de trabalhadores. Considerando que a proteção irá depender da efetividade do enclausuramento, é importante verificar rotineiramente, nesses sistemas, a existência de vazamentos ou outros tipos de perda de contenção. Além disso, são necessários procedimentos especiais para a manutenção e reparos, e qualquer pessoa que entrar na área enclausurada, por qualquer razão, deve estar bem protegida para evitar exposições extremas (Seção 5.6.1).

A contenção de uma área mais ampla também pode ser feita como meio de prevenir contaminações mais extensas, e.g., enclausuramento temporário durante a remoção de amianto usado como isolante. Entretanto, se o trabalho for realizado dentro do enclausuramento, ele torna-se o ambiente de trabalho e as regras de controle de poeira devem ser aplicadas no seu interior. A produção de poeira deve ser minimizada, por exemplo, pelo uso de métodos úmidos. É um equívoco confiar na proteção individual dos trabalhadores só porque estão enclausurados. Para uma substância como o amianto, os trabalhadores devem estar, mesmo assim, muito bem protegidos no interior do enclausuramento, com medidas para prevenir a contaminação, assim que dali se retirarem, tais como procedimentos de descontaminação, armário individual duplo, etc. (HSE, 1990, 1999).

7.2 Princípios de ventilação

Geralmente, os edifícios são ventilados para controle da temperatura, do odor e de contaminantes atmosféricos gerais. Se for adequadamente projetado, a **ventilação geral** também pode ser usada como um controle da poeira suspensa no ar, e isto freqüentemente também ajuda a reduzir a contaminação da pele e das roupas, e a deposição da poeira sobre superfícies. Se o ar é extraído do lugar onde a poeira é produzida, esse processo é conhecido como **ventilação local exaustora**. Os princípios da ventilação geral são tratados na Seção 7.3, e os da ventilação local exaustora na seção 7.4.

O objetivo dessas seções é apresentar princípios e conceitos básicos, de tal forma que os leitores possam trabalhar com engenheiros de ventilação afim de assegurar que os projetos atendam adequadamente às necessidades de um ambiente de trabalho seguro. As seções deveriam também servir como introdução a um curso mais detalhado de ventilação indus-

trial para aqueles leitores que desejarem tornar-se proficientes e adquirir a fundamentação técnica exigida.

Fornecer informações técnicas detalhadas sobre como projetar sistemas de ventilação industrial está além do escopo deste documento. Esse assunto tem sido tratado em fontes especializadas. A ACGIH (1998) fornece informações técnicas detalhadas abrangendo muitas instalações específicas. Gill (1995) fornece uma introdução geral que trata o assunto de forma mais detalhada do que estas seções. Tratamentos abrangentes incluem Burgess et al. (1989) e Burton (1997). As agências nacionais também têm fornecido orientação específica valiosa, por exemplo, HSE (1990, 1992, 1993, 1997, 1998, 1999), INRS (1984, 1985, 1986, 1992, 1993, 1996) e NIOSH (veja a página na Internet no Capítulo 11).

A existência de um sistema de ventilação não garante que os contaminantes atmosféricos estejam sob controle; a **garantia da qualidade da instalação do sistema** e **verificações rotineiras posteriores** são essenciais para assegurar o desempenho efetivo e continuado. Muitos enganos podem ocorrer no projeto e na instalação. Além disso, mesmo sistemas bem projetados e inicialmente eficientes, se não forem bem mantidos, eventualmente irão deteriorar-se, o que resulta na diminuição do desempenho e na insuficiência da proteção. Por exemplo, se as conexões do motor de um ventilador centrífugo forem acidentalmente invertidas (e isto realmente ocorre), ele ainda irá funcionar aparentemente, mas proporcionando somente cerca de 20% do fluxo original.

Tais situações são particularmente perigosas porque os trabalhadores estarão assim excessivamente expostos, sem conhecimento, e não irão tomar outras precauções uma vez que terão uma falsa crença de estarem protegidos. O custo de instalar e operar um sistema deficientemente projetado, e conseqüentemente ineficiente, pode ser tão grande quanto o de um sistema efetivo bem projetado, ou até mesmo maior.

7.3 Ventilação geral

O termo ventilação geral refere-se ao processo de remover e introduzir grandes volumes de ar em um local de trabalho, com o objetivo de diluir ou deslocar contaminantes atmosféricos, com ou sem ventilação local exaustora, e assegurar o conforto térmico. Ela pode ser efetiva no controle de concentrações relativamente baixas de contaminantes atmosféricos de baixa toxicidade, provenientes de muitas fontes espalhadas nas áreas de trabalho. Entretanto, não é recomendada para controlar grandes quantidades de contaminantes, que devem ser removidos, antes que sejam espalhados nas áreas de trabalho. Sempre existe o perigo de que a ventilação geral aumente a exposição de pessoas distantes da fonte de poeira ou fora das áreas de trabalho. Em circunstâncias especiais na mineração subterrânea, a ventilação geral é freqüentemente necessária para controlar o risco de incêndio e o ambiente térmico. Nesse caso, ela se torna um meio importante de controlar a poeira; mas a ventilação em minas é um campo especializado.

A ventilação geral pode ser natural ou forçada. A ventilação natural faz uso da força ascensional do ar quente interno. Saídas no teto, talvez auxiliadas por ventiladores de exaustão, e entradas de ar mais frio ao nível do piso podem induzir um fluxo estacionário; entretanto, isso pode não proporcionar controle térmico satisfatório e pode ser particularmente suscetível a mudanças

nas condições de tempo na parte externa. Ventilação forçada é impulsionada pela entrada e por ventiladores de exaustão, suprindo ar para o local de trabalho e depois removendo-o.

Quando se utiliza ventilação geral, quer seja natural ou forçada, a localização correta de entradas e saídas de ar, de quaisquer ventiladores de exaustão, de fontes de poeiras, de postos de trabalho e de trabalhadores é de suprema importância. Os contaminantes devem ser direcionados para longe da zona respiratória dos trabalhadores, o que pode ser difícil de se conseguir, particularmente quando as operações estão espalhadas. Um mau arranjo pode significar que o ar se desloca da entrada para o exaustor contornando trabalhadores e fontes de poeira. É claro que os trabalhadores devem estar, onde for possível, na parte "limpa" das fontes de poeira. Mesmo quando o arranjo estiver correto, deve-se lembrar que a poeira geralmente se mistura com o ar da ventilação e não se move em uma corrente que tem origem na fonte e passa ao exterior através do ventilador. Misturas turbulentas irão espalhar a poeira por uma grande parte do ar da sala, como indicado na Figura 7.1. Outro problema é que uma corrente de ar vindo das costas para a frente do corpo, pode formar turbulências que trazem o ar contaminado até a zona respiratória, tal qual está ilustrado na Figura 7.2

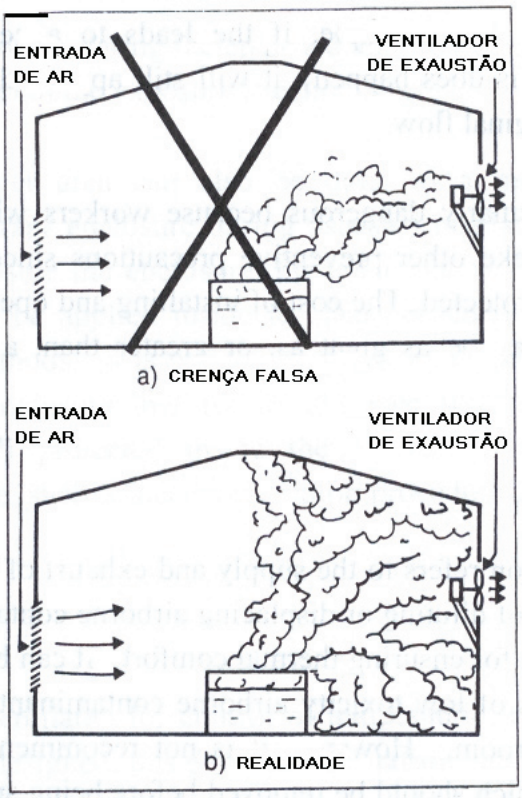


Figura 7-1 – Visualização esquemática da Ventilação Geral (INRS, 1996: por cortesia de INRS – Institut National de Recherche et de Securité, France).

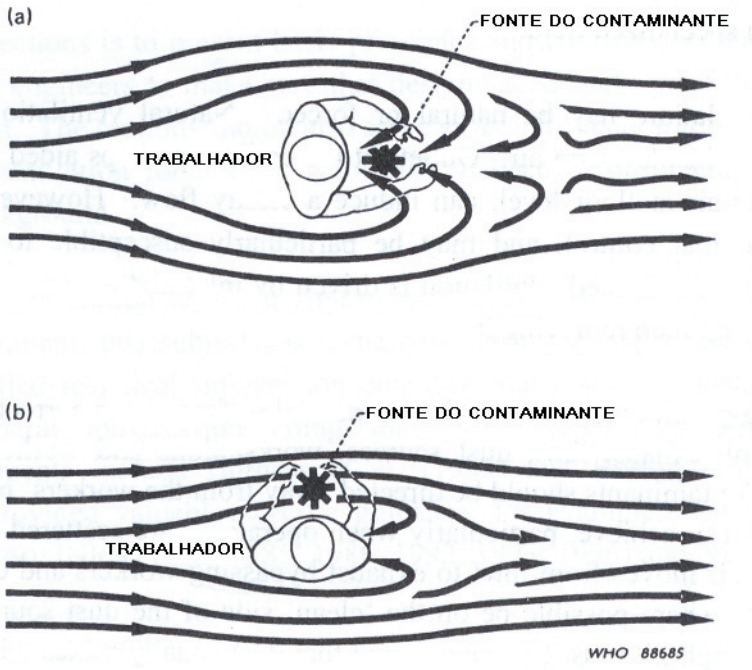


Figura 7-2 – Efeitos do deslocamento do ar na ventilação, visto de cima: (a) redemoinhos de ar contaminado arrastam o contaminante diretamente para a zona respiratória do trabalhador; (b) posição satisfatória para o trabalhador de forma a evitar a inalação do contaminante (WHO, 1992).

Para ser efetivo, o ar limpo deve varrer completamente a área de trabalho, entre o piso e uma altura de 3 metros. Mesmo em climas quentes, os recintos de trabalho freqüentemente carecem de janelas e portas abertas por razões de segurança. É necessário então instalar ventiladores direcionados para o interior do local de trabalho para proporcionar ar de reposição. Freqüentemente, sistemas de ventiladores de suprimento e exaustão estão integrados eletricamente para assegurar que todo o sistema de ventilação seja sempre operado corretamente.

Uma simples verificação do movimento do ar pode ser feita através da geração de fumaça (em áreas de perigo de incêndio isso deve ser feito usando fumaça ou névoa química) e observando seu movimento. Em muitas situações, particularmente para recintos de trabalho muito amplos, que requerem alta taxa de troca de ar, a ventilação natural, sozinha, não será adequada e devem ser usados ventiladores motorizados para proporcionar as velocidades de ar e os padrões de fluxo desejados. Também é possível medir a taxa de troca de ar global em um local de trabalho através da medição da taxa de diluição de um gás traçador (HSE, 1992). Isso irá indicar o potencial da ventilação geral para diluir contaminantes, mas ainda será necessário investigar detalhes do movimento do ar para assegurar que essas fontes são diluídas de fato.

7.4 Ventilação local exaustora

A ventilação local exaustora extrai o ar próximo à fonte de poeira, e tem como objetivo capturar e removê-la antes que ela possa se espalhar por todo o ambiente de trabalho e alcançar as zonas respiratórias dos trabalhadores. Ela também serve para recuperar materiais do processo (o que pode ser economicamente importante), proteger os equipamentos do processo, manter a qualidade do produto e contribuir para a manutenção da ordem e limpeza.

A ventilação local exaustora envolve um fluxo de ar controlado e direcional que passa através de um ponto de emissão e vai para dentro de um captor conectado a um sistema de dutos. Os componentes de um sistema de ventilação local exaustora típico, apresentado nas Figuras 7.3 e 7.4, são os seguintes:

- **captor**, que pode tanto enclausurar parcialmente a operação ou ser completamente externo;
- **sistema de dutos** para transportar os contaminantes para longe da fonte;
- **dispositivo de purificação do ar (coletor)** para remover a poeira do ar;
- **ventilador** para produzir o fluxo necessário de ar controlado;
- **chaminé** para levar embora o ar exaurido para longe do edifício.

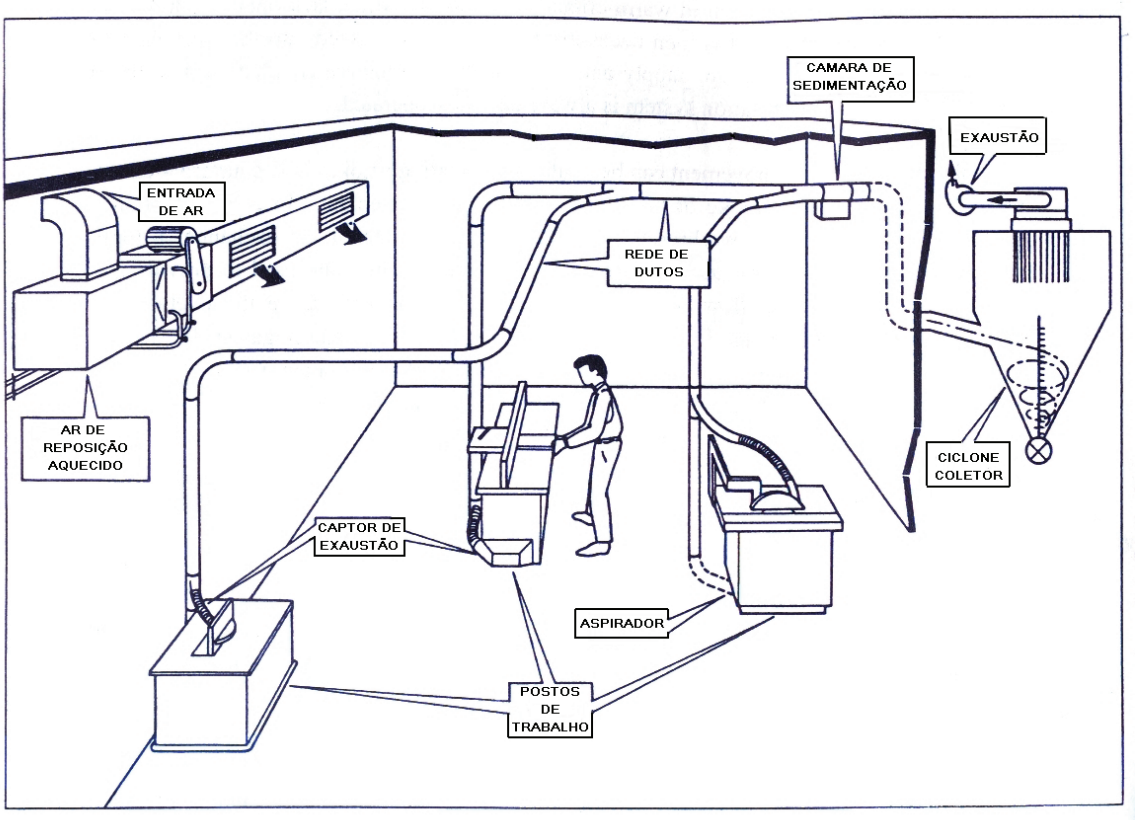


Figura 7-3 – Representação esquemática de um sistema de ventilação exaustora na indústria de madeira (INRS, 1992; por cortesia do INRS).

7.4.1 Projeto do sistema

Em um sistema simples, como aquele mostrado na Figura 7.4, os ventiladores produzem a pressão negativa no duto imediatamente a montante, e isso puxa o ar por todo o sistema. Existe uma perda de carga [queda de pressão] no outro lado do dispositivo de purificação do ar e ao longo de cada seção do duto. Finalmente, existe uma perda de carga na entrada do captor que puxa o ar proveniente do local de trabalho. Em qualquer sistema, exceto o mais simples, os dutos provenientes dos vários captores provavelmente levam ao mesmo purificador (coletor) e ventilador, e é necessário um projeto bem elaborado para assegurar que as pressões no sistema estejam "balanceadas", de forma que a velocidade em todo captor seja suficientemente elevada para capturar a poeira e mantê-la suspensa no ar dentro dos dutos. Também é necessário projetar para que as perdas de carga sejam mínimas, tal que o fluxo total possa ser proporcionado pelo menor ventilador possível. Quanto maior for o ventilador, mais caro, ruidoso e consumidor de energia ele será. Um programa de manutenção cuidadoso é necessário para assegurar que o sistema permanece efetivo. Métodos detalhados são fornecidos nos trabalhos citados na Seção 7.2

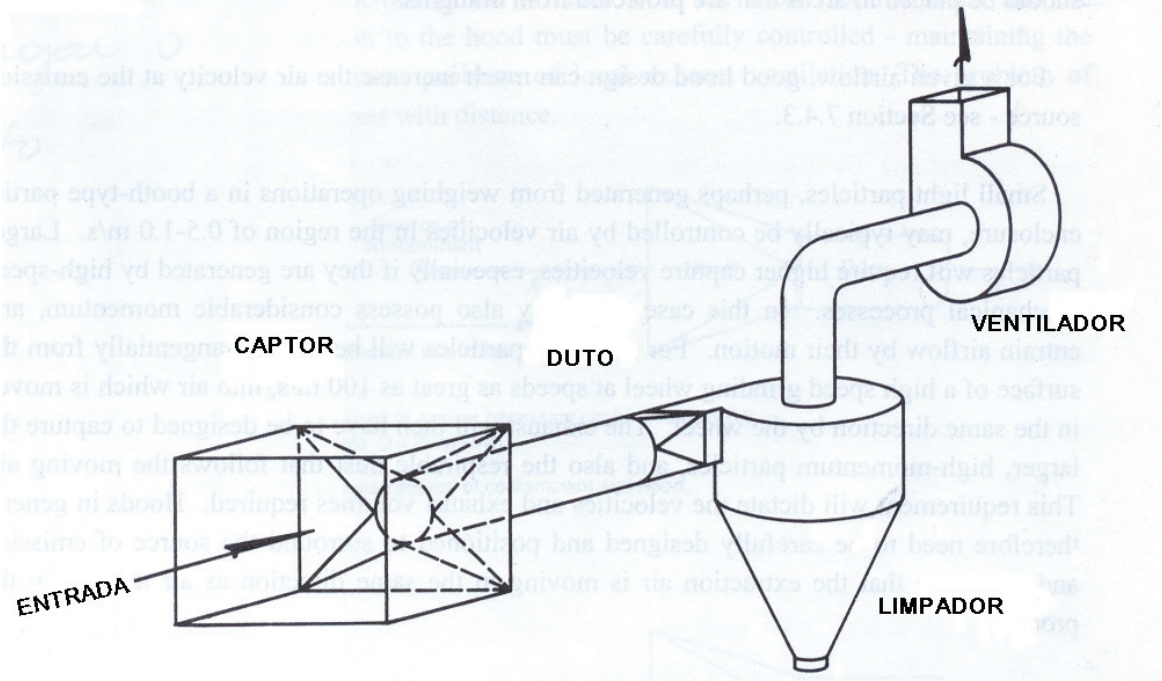


Figura 7-4 – Representação esquemática dos elementos de um sistema de ventilação local exaustora (NIOSH, 1973; por cortesia do National Institute for Occupational Safety and Health, USA).

As extensões não planejadas podem ser causa de insuficiências ou deficiências de um sistema, porque mudam a distribuição da pressão no sistema e reduzem as velocidades de face em outros captores. Em princípio, as mudanças devem ser evitadas, e, se qualquer uma for

feita, devem ser cuidadosamente consideradas e projetadas. Um sistema projetado para um tipo de contaminante geralmente não pode ser destinado a outros contaminantes.

7.4.2 Captura da poeira

A velocidade do ar no ponto de geração da poeira deve exceder a *velocidade de captura*, i.e., deve ser suficiente para transportar a poeira do ponto de emissão para o interior do captor. A velocidade na abertura do captor (a *velocidade de face*) deve ser suficiente para manter a velocidade de captura diante de movimentos de ar turbulentos. A velocidade de face também deve exceder a *velocidade de controle*, que é a velocidade necessária para manter a poeira no interior do captor diante dessas correntes de ar turbulentas: 0,5 a 0,75 m/s geralmente é suficiente para isto. As correntes de ar turbulentas podem ser geradas, por exemplo, pelo movimento das peças de trabalho para dentro e para fora dos enclausuramentos ventilados, pelos movimentos dos trabalhadores e das máquinas nas vizinhanças imediatas do captor, e pelas correntes de ar provenientes de janelas e portas. As correntes de ar geradas pelas atividades de trabalho raramente excedem 0,5 m/s nas proximidades dos captores, mas correntes de ar que varrem o ambiente de trabalho provenientes de portas e janelas abertas nas vizinhanças podem alcançar várias vezes este valor. Por essa razão, as operações que exigem ventilação local exaustora devem ser colocadas em áreas protegidas de correntes de ar.

Para um dado fluxo de ar, um bom projeto de captor pode aumentar bastante a velocidade do ar na fonte de emissão – veja a Seção 7.4.3.

Partículas pequenas e leves, talvez geradas nas operações de pesagem em um enclausuramento parcial tipo cabine podem ser tipicamente controladas por velocidades de ar na faixa de 0,5-1,0 m/s. Partículas maiores irão exigir velocidades de captura mais elevadas, especialmente se são geradas por processos mecânicos de alta velocidade. Nesse caso, elas também podem possuir considerável momento [quantidade de movimento] e serem arrastadas pelo fluxo de ar devido a seus movimentos. Por exemplo, partículas serão ejetadas tangencialmente da superfície de um rebolo abrasivo de alta velocidade para o ar, que é movido na mesma direção dada pela roda (velocidades tão grandes quanto 100 m/s). Nesse caso, a exaustão terá que ser projetada para capturar partículas maiores e com momento elevado, e também a poeira respirável que acompanha o ar em movimento. Essa exigência irá ditar as velocidades e os volumes de exaustão requeridos. Por essa razão os captores geralmente necessitam ser cuidadosamente projetados e posicionados para circundar a fonte de emissão e assegurar que o ar extraído está se movendo na mesma direção que o ar movido pelo processo.

A velocidade de captura exigida para uma certa situação pode ser estabelecida de maneira empírica utilizando-se um bocal de qualquer dispositivo de sucção e movendo-o para próximo da fonte de emissão até que o contaminante seja eficientemente capturado. Um tubo de fumaça mostrará se o ar está se movendo para dentro do exaustor, mas uma lâmpada de poeira (Seção 4.5.4), ou um instrumento de leitura direta (Seção 4.5.2), será necessário

para mostrar que a poeira está sendo capturada. A velocidade requerida pode ser então determinada com um anemômetro. A faixa de velocidades de capturas requeridas varia desde 0,5 m/s para capturar a evaporação de um solvente a 10 m/s para coletar partículas que estão sendo geradas por um rebolo abrasivo. Os exemplos da Tabela 7.1 fornecem apenas uma diretriz aproximada.

Tabela 7-1 – Exemplos de velocidades de captura.

Velocidade de liberação do contaminante	Movimento do ar ambiente	Velocidade de captura requerida, em m/s
Baixa	Suave	0,5 – 1,0
Média	Rápido	1,0 – 2,5
Alta	Muito rápido	2,5 – 10,0

É importante lembrar que, quanto mais distante o ponto de captura estiver da fonte de poeira, maior será a velocidade de face e o fluxo de ar requeridos para um mesmo captor. A velocidade do ar em direção ao captor decai com o quadrado da distância a partir da abertura da face do captor e isto está ilustrado na Figura 7.5. Por exemplo, a uma distância de uma vez o diâmetro do duto a partir da face do captor, a rapidez é de apenas 10% da velocidade de face. Isso significa que se torna cada vez mais difícil alcançar velocidades de captura adequadas à medida que a distância da face do captor aumenta. A posição do trabalho em relação ao captor deve ser cuidadosamente controlada – manter a distância captor-trabalho é um problema constante para a ventilação local exaustora. O problema de fluxos de ar perturbadores também aumenta com a distância.

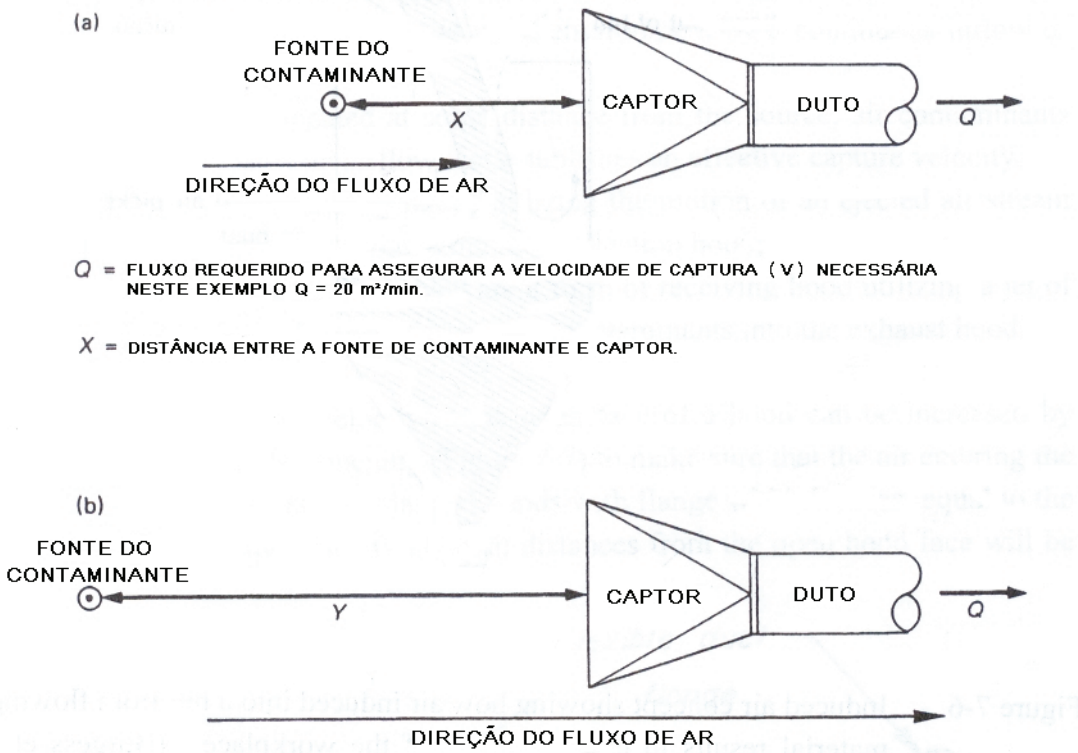


Figura 7-5 – Relação entre fluxo de ar e distância para um captor externo (WHO,1992).

Tal como na ventilação geral, é importante considerar a influência do trabalhador no fluxo de ar local, de modo que os ensaios de verificação devem ser feitos com o trabalhador no local, executando tarefas normais.

Um fator relacionado é que o projeto deve levar em consideração a quantidade de ar induzida no sistema (Burgess et al., 1989). Por exemplo, a queda de material granular puxa o ar da parte superior de um sistema de enclausuramento e o arranca da parte inferior, levando poeira consigo. Se o componente do sistema (e.g. um depósito) é estreito, o ar induzido irá reverter seu caminho e levar novamente a poeira arrastada através da abertura a montante como está mostrado na Figura 7-6. O sistema de ventilação exaustora deve levar isso em consideração.

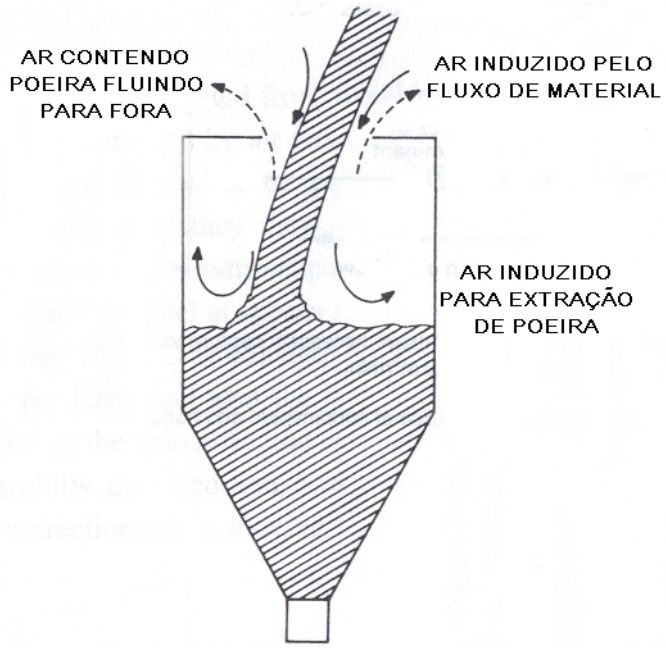


Figura 7-6 – Conceito do ar induzido mostrando como o ar induzido em um depósito a partir do fluxo de material granular resulta na contaminação do ambiente de trabalho. (Burgess et al., 1989); reproduzido com permissão de John Wiley & Sons, Inc.).

7.4.3 Captores de exaustão

O captor é um elemento crucial do sistema de ventilação local exaustora e seu projeto apropriado é um passo fundamental. Os captores variam em tamanho de pequenos bocais a grandes cabines e podem estar posicionados acima, abaixo ou ao lado de uma fonte de poeira. O tipo de captor e o fluxo de ar requerido dependem da configuração física do equipamento e das características de emissão do processo, tal como o tipo de contaminante e a taxa de geração, e também das condições do ambiente de trabalho, tais como ventos transversais, posição dos trabalhadores, espaço disponível e outras operações na vizinhança. Os captores devem ser localizados o mais próximo possível da fonte, preferencialmente envolvendo-a total ou parcialmente, e projetados de tal forma que o padrão de fluxo de ar assegure que o contaminante seja capturado e retido.

O captor mais eficiente é aquele que envolve completamente a fonte de contaminante prevenindo a emissão. Quanto mais a fonte for envolvida, menor será o fluxo de ar requerido para o controle efetivo do risco. Uma diretriz útil para elaboração do projeto é considerar primeiro um enclausuramento com as aberturas mínimas necessárias para operar o processo. Portas com dobradiças que normalmente permanecem fechadas devem ser consideradas para operações que exigem acesso ao processo, tal como a limpeza.

Os principais tipos de captores são os seguintes:

- **Captores enclausurantes:** que circundam a fonte de emissão de tal forma que os contaminantes atmosféricos são impedidos de serem liberados para o ambiente de trabalho por um influxo de ar contínuo.
- **Captores externos:** aqueles localizados a alguma distância da fonte; os contaminantes são puxados para dentro do captor por um fluxo de ar que estabelece uma velocidade de captura efetiva.
- **Captores receptores:** aqueles externos, que utilizam o movimento de uma corrente de ar ejetada para carregar os contaminantes da fonte para o interior do captor de coleta.
- **Captores empurra-puxa** ou **assistido por jato:** são uma forma de captor /receptor utilizando um jato de ar limpo proveniente de um duto de suprimento local para arrastar os contaminantes para o interior do captor de exaustão.

Para a mesma vazão de ar, a velocidade na face aberta de um captor pode ser aumentada pela instalação de uma flange ao redor da abertura da face (Figura 7.7) para assegurar que o ar admitido no captor venha principalmente da frente. Para captores flangeados com larguras de flange medindo, no mínimo, a raiz quadrada da área de face, a velocidade a distâncias iguais da face aberta do captor será aumentada em 33%.

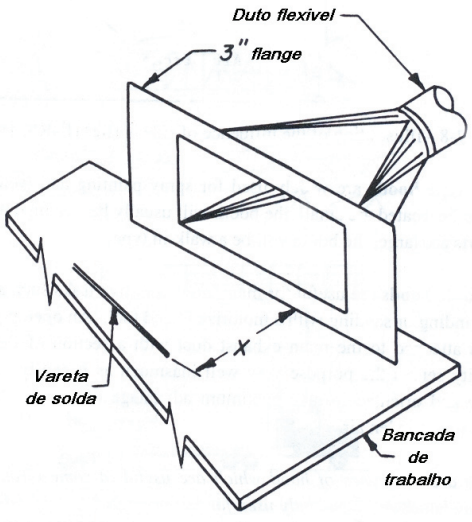


Figura 7-7 – Exemplo de um captor com flanges (Proveniente de American Conference of Governmental Industrial Hygienists [ACGIH]: Industrial Ventilation: A Manual of Recommended Practice, 22nd Ed., Copyright 1995, Cincinnati, OH. Reproduzido com permissão).

Placas defletoras ou abas laterais [chicanas] também podem melhorar a eficiência de captura de um captor simples (Figura 7.8).

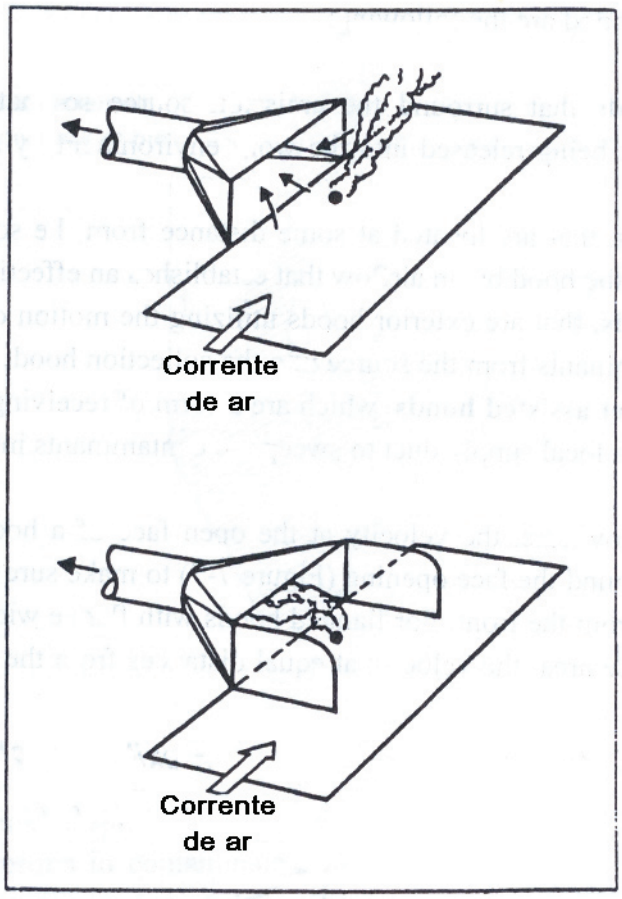


Figura 7-8 – Ilustração da influência de placas defletoras laterais (INRS, 1996; por cortesia do INRS).

Captores tipo cabine: são amplamente usados para operações de pintura por pulverização e de soldagem. Onde as partes a serem tratadas são pequenas, a cabine geralmente será montada no topo da bancada, e quando grandes, a cabine será do tipo que permite a entrada de uma pessoa.

Captores móveis: são úteis para várias tarefas não-repetitivas tais como soldagem, raspagem de peças fundidas, polimento ou lixamento com ferramenta manual motorizada. Uma extremidade de tubo aberta, redonda ou retangular, ligada ao duto de exaustão principal com uma seção de mangueira flexível para proporcionar alguma mobilidade, serve muito bem a esse propósito na medida em que pode ser movida para próximo da fonte de emissão e orientada para se aproveitar ao máximo a direção em que a ferramenta está lançando o ar contaminado.

(Existem dois tipos de captores que são úteis em algumas circunstâncias, mas não para poeiras. Captores tipo coifa que são freqüentemente usados para processos a quente para aproveitar as correntes térmicas ascendentes que transportam os contaminantes para cima, e captores de fendas, amplamente usados ao longo de tanques de superfície abertas para extrair vapores.)

Um exemplo de um captor móvel para a operação de pesagem está mostrado na Figura 7.9 e uma forma de sistema de ventilação móvel para aplicação ao ar livre está mostrada na Figura 7.10.

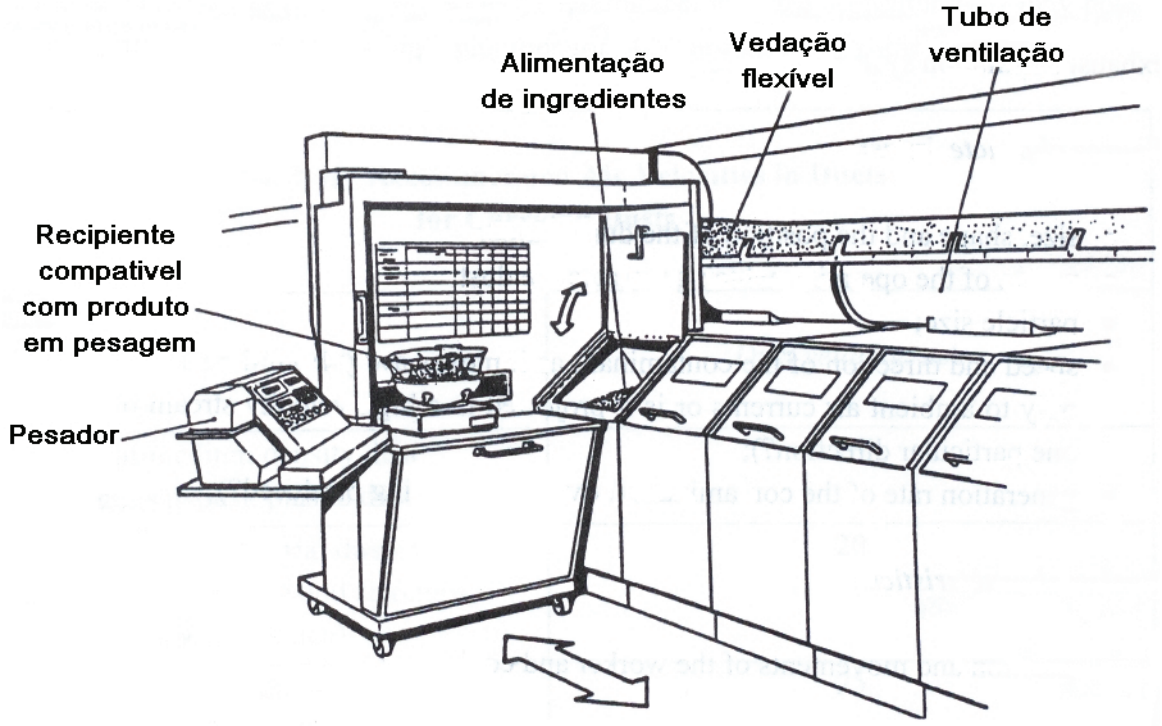


Figura 7-9 – Pesagem manual em cabine de ventilação móvel (HSE, 1997; por cortesia do Health Safety Executive, UK).

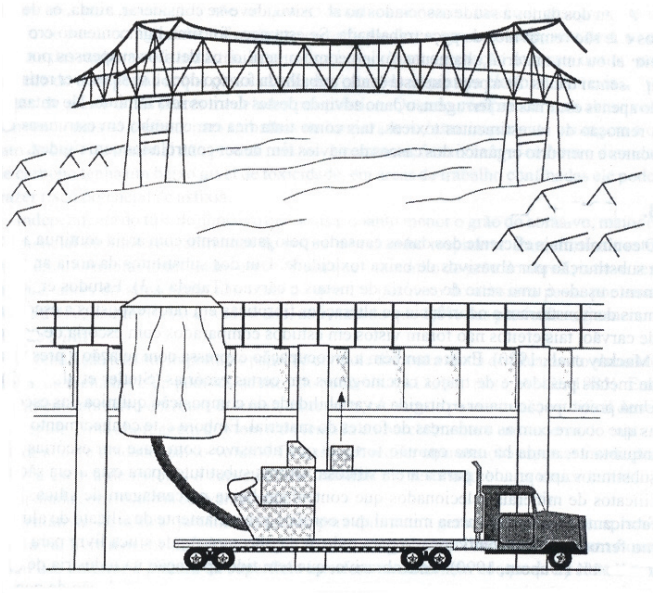


Figura 7-10 – Jateamento abrasivo de uma ponte pintada com tinta à base de chumbo pode requerer um enclausuramento da área de jateamento e exaustão do ar carregado de poeira para um purificador de ar portátil. Os trabalhadores devem usar equipamento de proteção apropriado. (Burgess, 1995; reproduzido com permissão de John Wiley & Sons, Inc.).

Para resumir, as **características** importantes a serem consideradas ao se projetar captores para sistema de ventilação exaustora incluem:

Características da fonte

- tamanho, forma e posição da fonte da poeira;
- natureza da operação que gera essa poeira;
- tamanho da partícula;
- velocidade e direção do contaminante assim que ele se afasta da fonte (ele está sujeito somente às correntes do ar ambiente ou é projetado em correntes de partículas a alta velocidade em uma direção particular?);
- a taxa de geração do contaminante (quanto está sendo produzido?).

Características do trabalhador

- posição e movimentos do trabalhador e do equipamento.

Características do ambiente de trabalho

- movimentos do ar local devidos, por exemplo, à ventilação geral do ambiente de trabalho, aberturas, operação de maquinário nas vizinhanças, pessoas transitando, movimentos dos trabalhadores, e assim por diante.

7.4.4 Dutos

Após o ar contaminado tiver sido coletado em um captor, ele deve ser transportado através de um sistema de dutos. O seu projeto nem sempre é fácil, uma vez que ele é freqüentemente limitado por considerações de espaço. É importante minimizar as perdas de carga: quanto mais acentuados forem os cotovelos e as junções [ramificações ou dutos secundários], maiores serão as perdas de carga. Por exemplo, uma entrada de junção a 20° no duto principal irá causar uma perda de carga de aproximadamente 1/10 da perda causada por uma entrada a 90°. Isso mostra porque o *layout* é tão importante e o ajuste posterior é difícil. Além disso, as poeiras podem se depositar em curvas acentuadas devido à impactação. Deve ser dada atenção especial ao fato de que curvas e obstruções (tais como ventoinhas de correção da direção do ar) no interior da rede de dutos levam a turbulência adicional e mudanças na velocidade que causam perda de energia e conseqüentemente deposição da poeira. Sistemas que foram inicialmente projetados para contaminantes gasosos não são adequados para o controle de poeiras.

O sistema de dutos deveria ser projetado de tal forma que a velocidade do ar seja alta o suficiente para não permitir a deposição de partículas. Isso se aplica particularmente a seqüências de dutos longas e horizontais, onde o acúmulo de partículas depositadas poderia reduzir o fluxo de ar no duto e afetar desfavoravelmente o desempenho do controle na entrada do sistema. Ocasionalmente, podem ser projetadas seqüências de dutos verticais com uma baixa velocidade de ar de tal forma que partículas de poeira maiores caiam da suspensão em um recipiente coletor localizado na parte inferior do duto (veja Seção 7.6.1).

Além da deterioração do sistema e da inconveniência de limpezas freqüentes, certos acúmulos de poeira podem criar um perigo de incêndio. As velocidades de transporte recomendadas para poeiras estão dadas na Tabela 7.2.

Tabela 7-2 – Velocidades de ar recomendadas em dutos para o transporte de poeiras

Tipo de contaminante	Velocidade no duto: m/s
Poeira de baixa/média densidade (e.g., serragem, poeira plástica)	15
Poeiras industriais típicas (e.g., poeira de esmeris, aplanamento de madeiras, asbesto, sílica)	20
Poeiras pesadas (e.g., chumbo, poeiras de torneamento de metais, poeiras úmidas ou aquelas que tendem a aglomerar-se)	25

A rede de dutos seve ser feita de material suficientemente forte e bem fixado para ser rígido e oferecer resistência ao desgaste a que provavelmente estará submetido. Isso é particularmente importante no controle de poeiras duras. A fixação dos dutos a paredes e tetos exige suportes materiais de borracha ou de outro material que absorva vibração para evitar ruído.

As considerações importantes na escolha do material dos dutos são a abrasão física, o potencial de corrosão do contaminante atmosférico e a temperatura do efluente. Aço inoxidável é recomendado para o manuseio de alimentos, produtos farmacêuticos e certos produtos químicos, mas podem ser corroídos por outros. Policloreto de vinila (PVC) rígido e resinas de poliéster reforçadas com vidro (FRP) são largamente usadas onde devem ser tratados efluentes corrosivos. Para aplicações em serviço leve e baixas temperaturas (menor que 40° C), podem ser usadas folhas de alumínio ou plásticos tais como PVC e polipropileno. A temperaturas maiores que 150° C devem ser usadas ligas especiais de aço inoxidável. Chapas de aço galvanizadas é o material adequado para várias aplicações. A espessura necessária irá variar, por exemplo, para aço galvanizado varia de 0,8 mm (para um de 200 mm que transporta materiais não abrasivos, tais como poeira de madeira), a 2,5 mm (para um duto de 1500 mm de diâmetro transportando areia ou partículas de cinza finas).

Dutos corroídos irão desequilibrar o sistema porque o ar irá penetrar através das entradas (buracos) que não sejam as captoras de coleta, enfraquecendo o fluxo de ar. Isso sobrecarrega o ventilador ou diminui as velocidades de captura, ou ambos.

Como já foi mencionado na seção 7.4.1, em muitos ambientes industriais existem múltiplos processos de geração de poeira a serem controlados e mais de um captor será necessário. O sistema deve ser projetado para estar balanceado, de maneira que todos os captores operem efetivamente ao mesmo tempo, e essa condição deve ser verificada e mantida se um novo captor for adicionado ou um outro velho for bloqueado. Detalhes adicionais são fornecidos nos trabalhados referenciados na Seção 7.2.

7.4.5 Ventiladores

O ventilador deve ser a última parte do sistema de ventilação entre o purificador de ar e a chaminé de exaustão. Essa disposição torna possível a manutenção de todo o sistema sob pressão negativa em relação ao local de trabalho, de forma que, se ocorrerem vazamentos em qualquer parte do sistema, o ar irá vazar do local de trabalho para o duto, ao invés de o ar contaminado do sistema de exaustão vazar em outra direção. Sempre que a poeira for perigosa, um purificador de ar deve ser usado para remover os contaminantes atmosféricos da corrente de ar exaurida, antes que seja lançada na atmosfera, e deve estar localizado imediatamente a montante do ventilador para protegê-lo da corrosão e erosão.

Ventiladores centrífugos com rotor curvado para trás [em sentido retrógrado] são os ventiladores mais amplamente usados na indústria porque não podem sobrecarregar o motor do ventilador e causar interrupções, e por serem robustos e funcionarem sem problemas por décadas com necessidades mínimas de reparos. Se gases corrosivos estiverem presentes, os ventiladores centrífugos podem ser feitos de plástico, e, para funcionar com concentrações de gases potencialmente explosivas, podem ser construídos de materiais que não geram faíscas.

Ventiladores industriais de fluxo axial são adequados principalmente para pequenos sistemas que não contenham ou contenham poucos gases corrosivos ou material particulado erosivo. São fáceis de serem adaptados a sistemas de dutos circulares porque são montados no interior de uma carcaça circular, enquanto que ventiladores centrífugos requerem uma entrada e uma saída em planos perpendiculares um ao outro. Entretanto, os ventiladores axiais são intrinsecamente mais ruidosos que os ventiladores centrífugos.

Ventiladores tipo hélice são inúteis para o uso em sistema de exaustão industrial por serem incapazes de produzir pressões estáticas requeridas para a operação desses sistemas. Ventiladores com hélice freqüentemente são instalados em janelas de fábricas para proporcionar alguma quantidade de exaustão geral no ambiente. Quando nenhuma providência tiver sido adotada para proporcionar quantidades de ar de reposição para esses locais de trabalho, pode-se observar ventiladores com hélice nas janelas que descarregam o ar através da metade de suas faces e puxam esse ar através da outra metade, com nenhuma troca líquida de ar na sala. As considerações importantes na seleção dos ventiladores são o tamanho e o peso, o consumo de energia e o ruído do ventilador. A seleção do ventilador é baseada em cálculos do volume total de ar que o sistema tem que manusear e a pressão estática requerida para superar todas as perdas de carga, usualmente com uma tolerância de 10-20% de excesso para necessidades de expansão futuras.

7.4.6 Ar de reposição

É importante não exaurir ar do recinto de trabalho sem proporcionar uma quantidade igual de ar de reposição suprida na zona respiratória do trabalhador. Deveria sempre existir um sistema de ar de reposição projetado. Em climas frios, para economizar custos com aquecimento, o ar é freqüentemente re-circulado, mas a limpeza disso re-circulado é en-

tão crucial e, a menos que a purificação seja extremamente eficiente, a re-circulação pode conduzir ao aumento cumulativo e possivelmente perigoso de contaminantes no ar do ambiente de trabalho.

7.4.7 Cabines com fluxo descendente

Nos anos recentes, têm sido desenvolvidas cabines com fluxo descendente, que oferecem uma abordagem diferente para a ventilação local exaustora tradicional no controle de processos de manuseio de pó. Os sistemas fornecem um fluxo laminar de ar limpo a partir do teto, para controlar a poeira suspensa no ar no interior de uma área de trabalho contida. O ar contaminado se movimenta para baixo e para longe da zona respiratória do operador na direção de uma grade de exaustão localizada num plano inferior. Um sistema de filtração de alta qualidade captura qualquer poeira antes que seja re-circulada para entrada superior. A maioria dos sistemas são unidades autônomas com filtros e ventiladores como partes essenciais.

Bons níveis de controle têm sido demonstrados para toda uma gama de indústrias incluindo farmacêuticas, fabricação de baterias de chumbo e borracha e na indústria de alimentos. Esses sistemas têm se mostrado de grande valia em operações de batelada, embora alguns projetos tenham sido desenvolvidos para acomodar o trabalho de produção contínua. Os sistemas oferecem importantes benefícios onde a maquinaria do processo causa pouca perturbação nos fluxos de ar estabelecidos. A posição do operador e o efeito da operação devem ser cuidadosamente considerados.

7.4.8 Resumo dos elementos-chave da ventilação local exaustora

Os elementos chave para um sistema de ventilação local exaustora efetivo são, portanto, os seguintes:

- Um captor **bem projetado**, com área delimitada ou outra entrada para coletar e remover o contaminante de sua fonte, de tal forma que não alcance a zona respiratória dos trabalhadores nem se disperse no ambiente de trabalho. O captor deve ser adequado para todos os tipos de trabalhos para os quais é destinado, permitindo que o trabalho seja realizado sem a interferência e sem a geração de concentrações significativas na zona respiratória. O projeto deverá levar em conta o fluxo de ar gerado pelas ferramentas, pelo processo ou pelo movimento do trabalhador.
- Sistema de dutos **adequadamente projetado e construído**, para transportar o contaminante para longe da fonte. O duto terá somente curvaturas suaves e o menor número de mudanças de direção que for possível. Onde o sistema de dutos atende a vários captores, ele deve ser projetado para manter velocidade de face adequada em todos os captores simultaneamente, ao mesmo tempo em que utiliza a menor quantidade de energia possível para mover os ventiladores.
- Imediatamente a montante do ventilador, um filtro **apropriado** ou outro dispositivo de purificação do ar para remover o contaminante da corrente de ar extraída (veja seção 7.6).

- Um ventilador ou outro dispositivo de movimentação do ar **corretamente selecionado e com capacidade** para produzir o fluxo de ar necessário nos captores, e também suficiente velocidade do ar nos dutos para manter a poeira suspensa.
- Um sistema de descarga **projetado e construído apropriadamente**.
- Um programa de **inspeção e manutenção efetivo** para assegurar o desempenho satisfatório continuado.
- Dispositivos **adequadamente projetados** para fornecer ar de reposição.

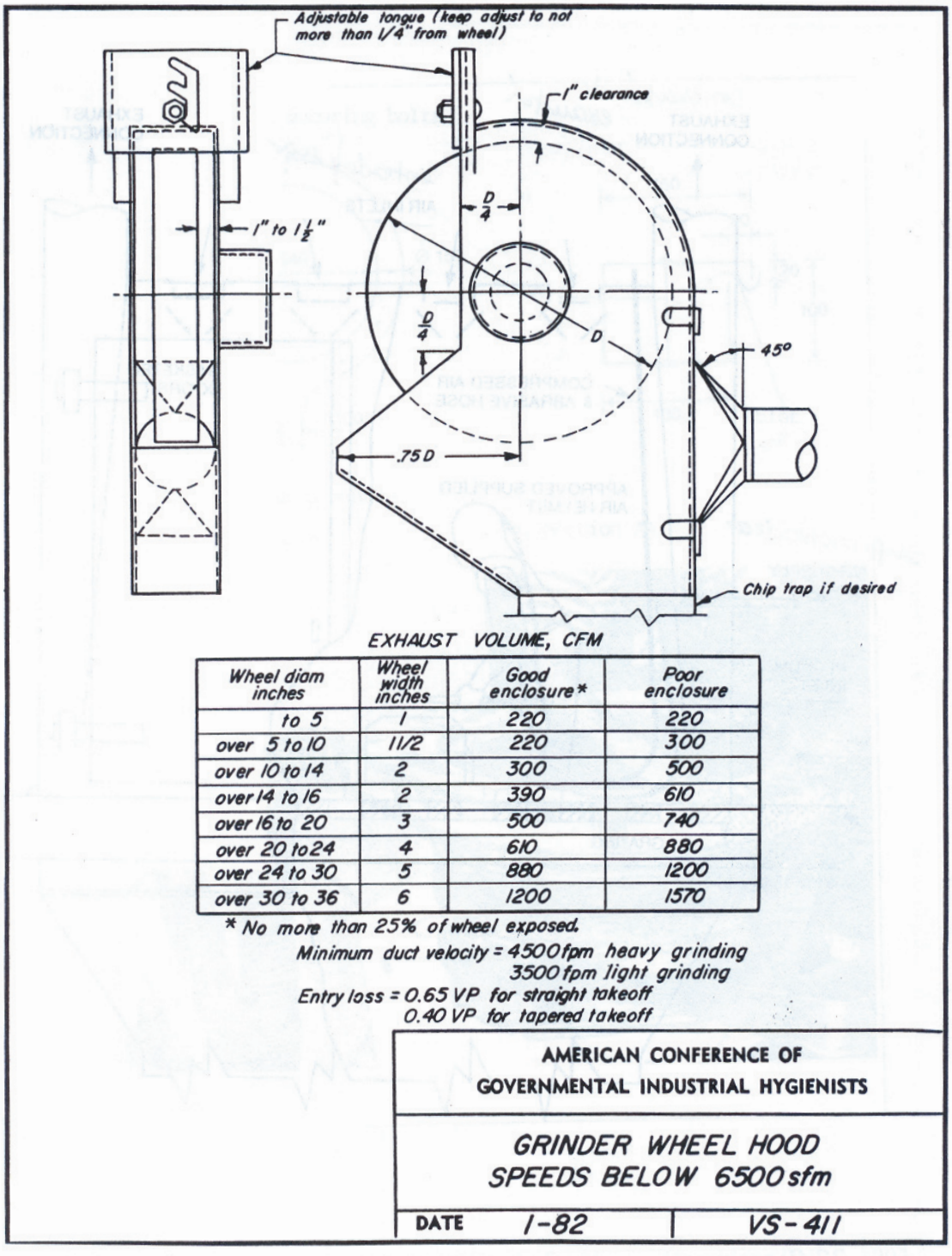
Se um sistema falha em alcançar o nível esperado de controle, sua falha pode ser usualmente atribuída a um dos pontos acima.

A implementação dos pontos acima exige profissionais especializados e competentes. Em uma operação de qualquer tamanho, é indispensável incluir na equipe de trabalho higienistas ocupacionais, engenheiros de ventilação e pessoal de produção.

Em resumo, o que é exigido para gerenciar efetivamente um sistema de ventilação é:

- Um sistema que funcione;
- Um sistema que é inspecionado para assegurar que ele continue funcionando;
- Procedimentos para corrigir defeitos;
- Conhecimento do sistema.

Alguns detalhes de ventilação para operações poeirentas estão apresentados, como exemplos, nas Figura 7.11 a 7.17.



EXHAUST VOLUME, CFM

Wheel diam inches	Wheel width inches	Good enclosure*	Poor enclosure
to 5	1	220	220
over 5 to 10	1 1/2	220	300
over 10 to 14	2	300	500
over 14 to 16	2	390	610
over 16 to 20	3	500	740
over 20 to 24	4	610	880
over 24 to 30	5	880	1200
over 30 to 36	6	1200	1570

* No more than 25% of wheel exposed.

Minimum duct velocity = 4500 fpm heavy grinding
3500 fpm light grinding

Entry loss = 0.65 VP for straight takeoff
0.40 VP for tapered takeoff

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS

GRINDER WHEEL HOOD
SPEEDS BELOW 6500 sfm

DATE 1-82 | VS-411

Figura -11 – Rebolo abrasivo (Proveniente de American Conference of Governmental Industrial Hygienists [ACGIH], Industrial Ventilation: A Manual of Recommended Practice, 22nd Ed., Copyright 1995, Cincinnati, OH. Reproduzido com permissão).

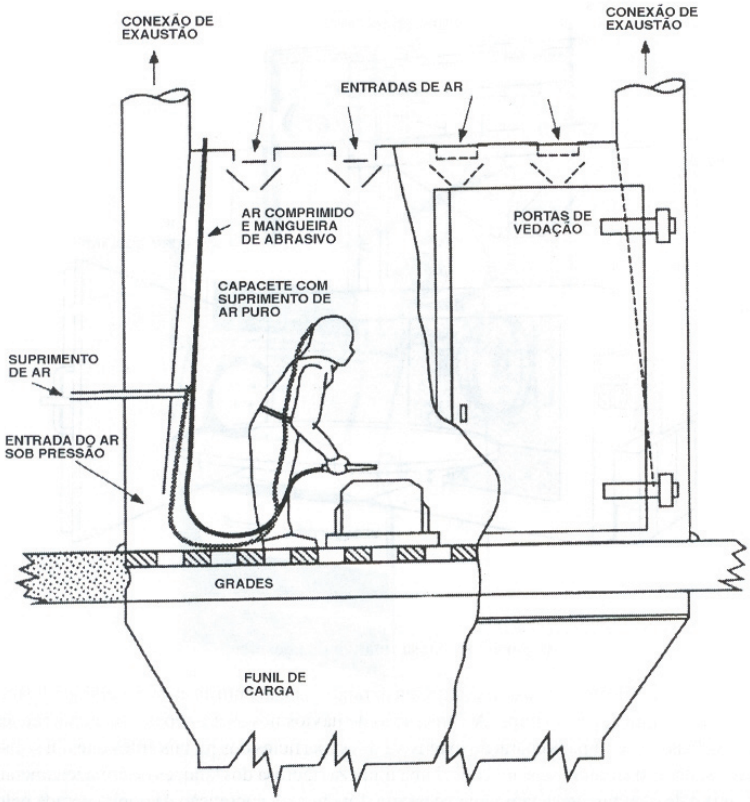


Figura 7-12 – Cabine de jateamento abrasivo (Burgess, 1995; reproduzido com permissão de John Wiley & Sons, Inc.).

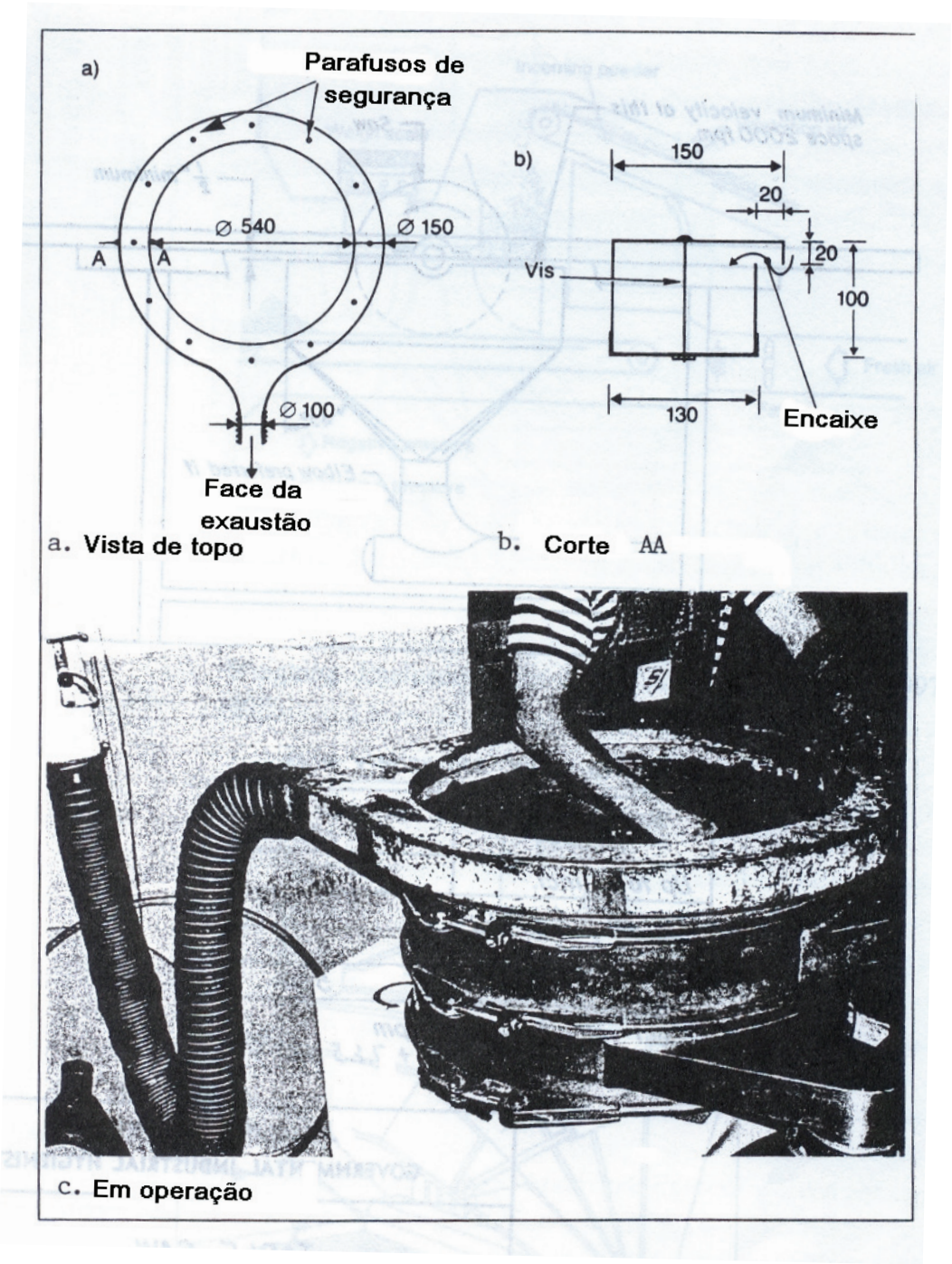


Figura 7-13 – Anel aspirante ("Anneau Aspirant") para operações de peneiramento (INRS, 1993; por cortesia do INRS).

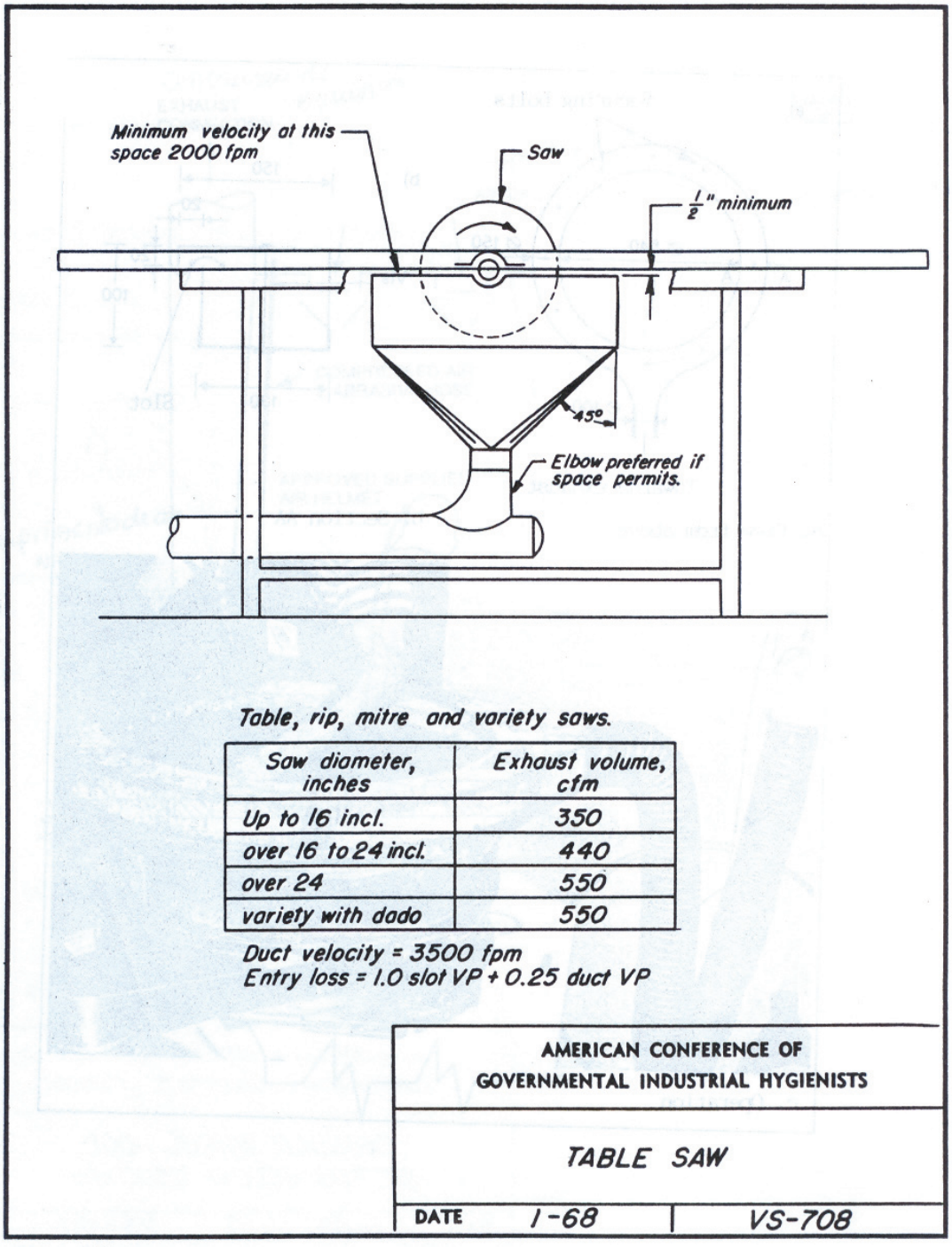


Figura 7-14 – Serra circular de mesa (Proveniente de American Conference of Governmental Industrial Hygienists [ACGIH], Industrial Ventilation: A Manual of Recommended Practice, 22nd Ed., Copyright 1995, Cincinnati, OH. Reproduzido com permissão).

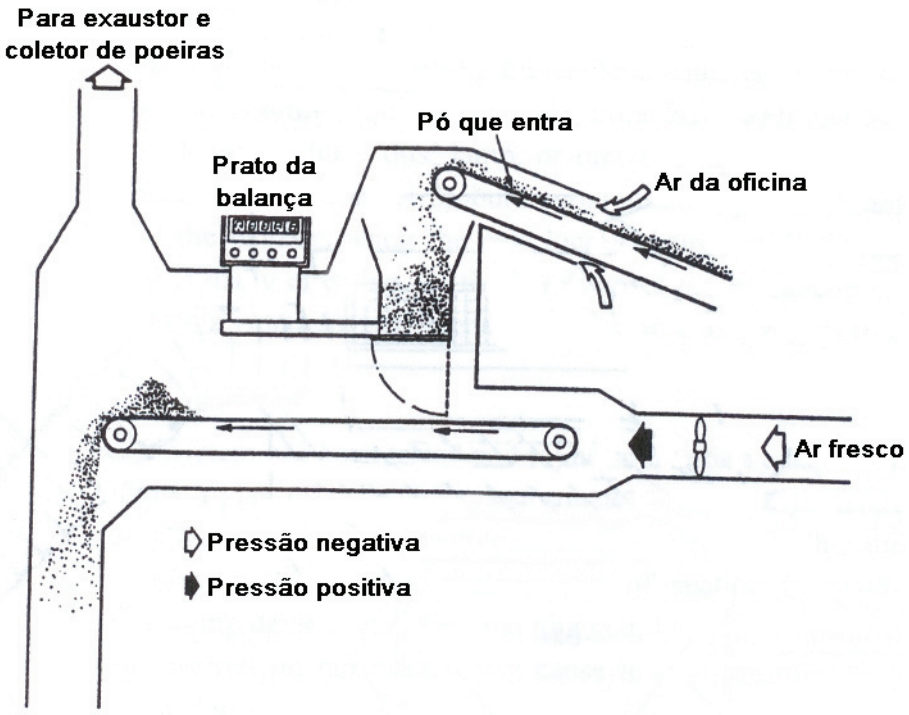


Figura 7-15 – Enclausuramento de pesagem automática com entrada de ar fresco (HSE, 1997; cortesia do HSE).

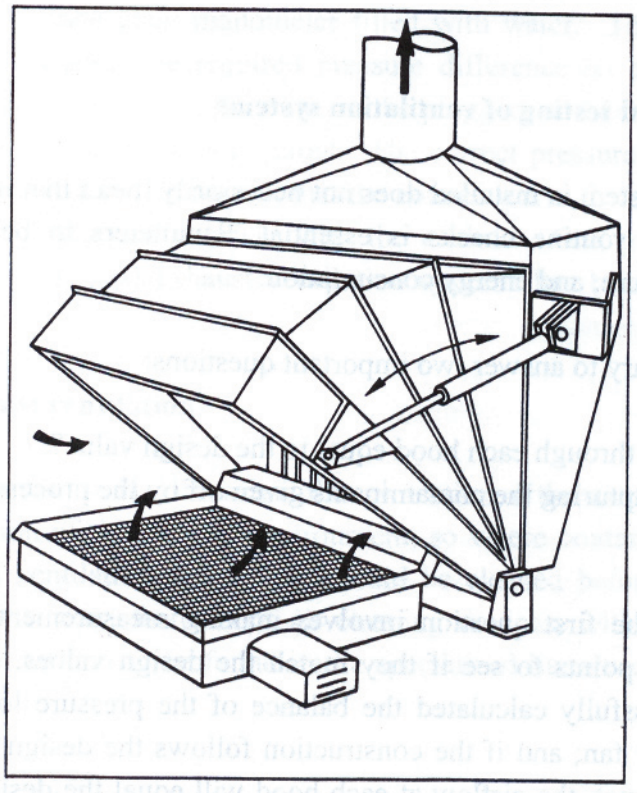


Figura 7-16 – Captor lateral, com enclausuramento ajustável (INRS, 1985, cortesia do INRS).

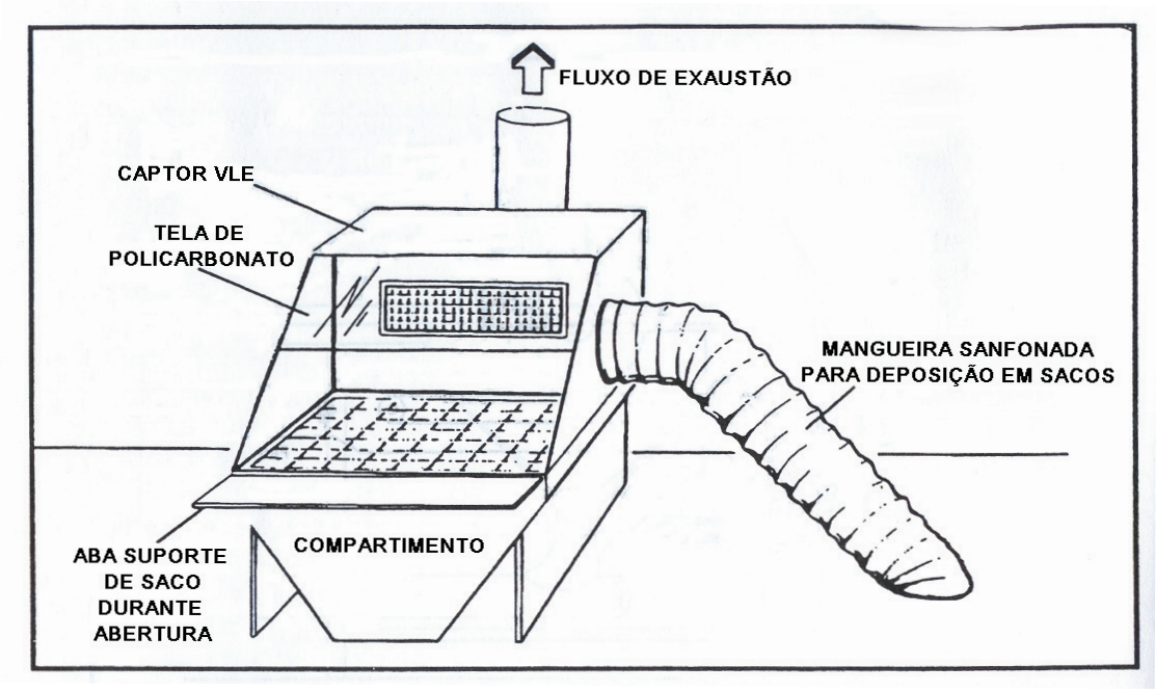


Figura 7-17 – Captor de ventilação local exaustora para despejar sacos, montado sobre o recipiente (por cortesia do HSE).

7.5 Inspeção e testes de sistemas de ventilação

O fato de um sistema estar instalado não significa necessariamente que seja eficiente. Uma verificação inicial, seguida por verificações rotineiras, é essencial. Os parâmetros a serem medidos incluem velocidade do ar, pressão estática e consumo de energia.

Testes são necessários para responder a duas questões importantes:

- O fluxo de ar através de cada captor é igual ao valor projetado?
- O captor está captando os contaminantes emitidos pelo processo para o qual ele foi projetado para controlar?

A resposta à primeira questão envolve a realização de medições do fluxo de ar e pressão estática em vários pontos para verificar se estão compatíveis com os valores projetados. Isso atesta se o projetista calculou com êxito o balanço das perdas de carga no sistema e especificou o ventilador adequado, e se a construção segue as especificações do projeto. Se essas duas condições são satisfeitas, o fluxo de ar em cada captor corresponderá ao fluxo projetado (Burgess et al, 1989). Infelizmente, na prática, tais medições geralmente são feitas só para um pequeno número de sistemas novos.

A segunda questão, se o captor está capturando os contaminantes, procura atestar se o projeto foi efetivo para o controle requerido e, conseqüentemente, em que extensão o captor está proporcionando proteção ao trabalhador. Um tubo de fumaça, uma lâmpada de poeira, ou um instrumento de leitura direta irá mostrar se a poeira é capturada (veja Seção 7.4.2), mas, para mostrar se ele realmente é efetivo, será necessário um programa de amostragem individual, que mede a exposição dos trabalhadores usando o novo sistema

de ventilação local exaustora. Se os captores parecem estar funcionando, mas a exposição ainda é muito alta, então a técnica de visualização com vídeo (Seção 4.5.4) poderá ajudar a esclarecer qual é a fonte de exposição.

Após testar um novo sistema de exaustão local e verificar se ele funciona adequadamente, é importante preparar e seguir um plano para monitorar periodicamente seu desempenho. Mesmo sistemas bem projetados perdem sua efetividade quando a manutenção é negligenciada. O efeito abrasivo de poeiras pode abrir furos nos cotovelos, causando perda de sucção nos captores e sobrecarregando o ventilador. Os dispositivos de limpeza do ar podem ficar entupidos, bloqueando a passagem do ar, e o acúmulo de material estranho nas pás dos ventiladores pode causar perda da eficiência do ventilador e avarias mecânicas devidas a falta de estabilidade.

Sempre que o sistema estiver operando corretamente, as verificações podem ser feitas em termos da pressão estática em diferentes partes do sistema. Isso é mais fácil do que a medição da velocidade. Um pequeno furo pode ser feito no duto a poucos centímetros a jusante do ponto onde o ar deixa o captor, ao qual se conecta um manômetro simples que consiste em um tubo em U enchido com água. O manômetro deve ter uma marca visível indicando a diferença de pressão requerida naquele ponto, de tal forma que os desvios fiquem evidentes. Alternativamente, o furo pode ser tapado e um tipo de manômetro de maior sensibilidade pode ser conectado, quando uma verificação se fizer necessária. A pressão correta deveria, naturalmente, estar disponível para comparação e é importante que a conexão ao duto não produza nele um vazamento ou interfira de alguma forma no fluxo de ar. Uma orientação prática para a manutenção e verificação de sistemas de ventilação local exaustora foi publicada pelo HSE (1998).

7.6 Limpeza da ventilação exaustora[1]

Tal como está discutido no Capítulo 10, é importante que a proteção do trabalhador não resulte em poluição desproporcional para o ambiente geral, e, desse modo, onde os contaminantes tiverem sido removidos do local de trabalho pelo ar da ventilação, esse ar deveria ser purificado antes de ser descarregado. Essa seção descreve em linhas gerais as principais características dos dispositivos de purificação do ar, com uma breve discussão de exemplos. Informação adicional pode ser encontrada na literatura especializada, tal como Buonicore e Davis (1992).

Para proteger também o ambiente geral, a disposição apropriada da poeira coletada é indispensável. Em alguns casos, pode ser econômico recuperar os materiais. No caso de filtros de manga, a disposição dos filtros em si é uma preocupação, particularmente se eles tiverem sido usados para coletar poeiras tóxicas. Houve um caso de intoxicação de várias pessoas de uma comunidade onde foram usados tapetes tecidos manualmente feitos de filtros de manga usados e contaminados com metal tóxico. Para lavadores de gases, devem

[1] Esta seção está baseada em uma minuta elaborada por Jiang Liu (Engenheiro Sênior) e Prof. Guang-quan Liu, Instituto de Saúde Ambiental e Engenharia, Academia Chinesa de Medicina Preventiva, , Beijing, China

ser considerados o tratamento e a disposição legal da água residuária, incluindo o espaço necessário para as instalações de tratamento do líquido. Freqüentemente, a atividade de limpeza e manutenção de coletores de poeira é, em si mesma, uma tarefa muito poeirenta, e medidas de controle apropriadas para os trabalhadores envolvidos devem ser cuidadosamente consideradas.

Os dispositivos de purificação do ar devem ser selecionados adequadamente de modo que o fluxo de ar por todo o sistema de ventilação seja mantido e os padrões de emissão sejam satisfeitos porque o purificador de ar pode acumular poeira.

7.6.1 Câmaras de sedimentação gravitacionais

Uma câmara de sedimentação gravitacional e fluxo horizontal típica é construída na forma de uma caixa horizontal longa com entrada, saída e depósitos para coleta da poeira. A corrente de ar carregada de poeira penetra na unidade pela entrada, em seguida vai para a seção de expansão, que faz com que a velocidade do ar dimimua e as partículas se depositem por gravidade.

Um tipo de câmara de sedimentação aperfeiçoada é a câmara com placas defletoras [chicanas]. As placas defletoras produzem mudanças repentinas na direção da corrente de ar e, desde modo, aumentam a separação e a coleta das partículas. O movimento assim induzido é sobreposto ao movimento devido à gravidade. Desse modo a coleta das partículas é consumada pela combinação da gravidade e de um efeito inercial. Partículas tão pequenas quanto 10 a 20 μm podem ser coletadas. A câmara de sedimentação com placa defletora é mais compacta e requer espaço menor do que a câmara de sedimentação gravitacional simples.

As câmaras de sedimentação são mais bem usadas a montante de coletores mais eficientes. Assim, elas podem reduzir a carga, melhorar o desempenho e estender a vida de dispositivos de purificação de ar mais eficientes e mais caros, e a poeira pode ser recuperada mais facilmente. As câmaras de sedimentação têm sido usadas em muitas indústrias, incluindo refinação de metal, gêneros alimentícios e usinas de energia.

A título de exemplo, câmaras de sedimentação com placas defletoras foram usadas com sucesso na China para tratar gás carregado de poeira originados em fornos de clínquer [rotatórios] em fábricas de cimento (Liu e Liu, 1997). A câmara de sedimentação foi instalada no piso superior, utilizando-se a estrutura do edifício original do forno de clínquer. Ela coletava cerca de 60% da poeira extraída que, em seguida, era reciclada no processo. A eficiência de coleta fracionada foi de 70% para partículas maiores que 12 μm. Partículas menores eram coletadas em seguida por um precipitador eletrostático ou lavadores de gases de alta eficiência.

As vantagens das câmaras de sedimentação incluem: baixo custo da construção e manutenção; poucos problemas de manutenção; perdas de carga relativamente baixas; limitações de temperatura e pressão impostas somente pelos materiais de construção utilizados; disposição a seco dos particulados sólidos. As desvantagens incluem exigências de espaços extensos e a eficiência total de coleta é relativamente baixa.

7.6.2 Ciclones

O coletor mecânico mais amplamente usado é o ciclone. Ciclones de purificação de ar são versões ampliadas dos ciclones de amostragem cujos princípios já foram descritos na Seção 4.3.6. Semelhante a câmaras de sedimentação, são freqüentemente usados como unidades de pré-tratamento que precedem outros dispositivos de purificação do ar de maior eficiência.

As vantagens das câmaras de sedimentação também se aplicam aos ciclones e, além disso, estes podem ser usados para uma grande faixa de pressões e temperaturas, desde abaixo da temperatura ambiente a temperaturas acima de 1000° C. O seu desempenho é insensível à concentração da poeira na entrada; a eficiência pode aumentar com o aumento da concentração de partículas, e podem ser usados efetivamente para a remoção de gotículas líquidas dos gases, assim como na descarga de colunas de absorção. A desvantagem é a baixa eficiência para partículas suspensas no ar menores que 5 μm.

7.6.3 Precipitadores eletrostáticos (ESPs)

Os precipitadores eletrostáticos são os métodos mais populares para a remoção eficiente de sólidos finos e líquidos das correntes de ar. Eles podem ter eficiências de coleta acima de 99%.

Um campo elétrico de elevado potencial é estabelecido entre eletrodos de descarga e eletrodos coletores de polaridade oposta. O eletrodo de descarga tem seção transversal com área pequena, como um arame ou haste achatada, e o eletrodo de coleta tem grande área superficial, como uma placa. O gás empoeirado a ser purificado passa através do campo. A uma voltagem crítica, as moléculas do gás são ionizadas na superfície do eletrodo de descarga ou próximo a ela. Os íons de mesma polaridade que o eletrodo de descarga se unem a partículas de poeira neutras, que são então atraídas para a placa coletora. Ao entrarem em contato com a superfície de coleta, as partículas de poeira perdem suas cargas e então podem ser facilmente removidas por vibração, lavagem ou gravidade.

As vantagens dos *ESPs* incluem: alta eficiência de coleta para partículas pequenas; baixas perdas de carga operacionais; limitações de temperatura e pressão impostas somente pelos materiais de construção usados; disposição a seco das partículas sólidas. As desvantagens incluem a exigência de espaços extensos, elevado custo e a necessidade de operação e manutenção especializada. O sucesso de um precipitador depende não somente da qualidade do sistema, mas também da operação e manutenção adequadas, e, por essa razão, são requeridos operadores bem treinados.

7.6.4 Filtros de tecido (filtros de manga)

Filtros de tecido [filtros de manga] removem as partículas das correntes do gás transportador por interceptação, impactação e difusão. O tecido pode ser entrelaçado ou não. Inicialmente, o tecido limpo serve como um filtro poroso através do qual o gás com poeira atravessa.

Uma vez que o filtro estiver em operação por algum tempo, uma torta de poeira coletada se acumula e passa a atuar como um filtro. Isto aumenta a eficiência da filtração, mas também aumenta a resistência ao fluxo. O filtro deve ser limpo e recondicionado antes que a perda de fluxo seja crítica. A torta acumulada pode ser removida pela agitação do tecido ou por jatos ou pulsos de ar reverso, ou alguma combinação destes processos, mas o tecido retém uma torta de poeira residual e não volta à baixa eficiência e resistência de um filtro limpo.

Coletores de tecido bem projetados, adequadamente dimensionados e corretamente operados podem funcionar com eficiências maiores que 99%. A ineficiência aparente de filtros de tecido freqüentemente é resultante de desvios devidos a tecidos danificados, selos defeituosos ou vazamentos na estrutura de sustentação.

O tecido é selecionado por suas características mecânicas, químicas ou térmicas. A maioria deles é empregada na configuração tanto de tubo como de envelope.

As vantagens de filtros de tecido incluem a alta eficiência para partículas finas, a fácil operação e manutenção, a disposição a seco das partículas sólidas. As desvantagens incluem os custos relativamente altos de instalação e operação, as limitações para o uso em altas temperaturas e no manuseio de materiais pegajosos.

7.6.5 Lavadores de gases

Os lavadores de gases são largamente usados na purificação de correntes de gases contaminados devido à sua habilidade em remover efetivamente poluentes tanto particulados como gasosos. São projetados para incorporar pequenas partículas de poeira em gotículas de água maiores, que podem então ser removidas por mecanismos simples como a ação da gravidade, impactação em placas defletoras ou por coletores centrífugos. As gotículas são produzidas, por exemplo, por bocais de nebulização, pelo cisalhamento [*shearing*] de um filme líquido com uma corrente de gás, ou pelo movimento de um rotor induzido mecanicamente. Os princípios usados para incorporar a poeira nas gotículas incluem impactação inercial, interceptação direta, difusão, gravidade, condensação, forças eletrostáticas e gradientes térmicos.

As vantagens dos lavadores de gases incluem: baixo custo inicial; capacidade para coletar partículas (especialmente materiais pegajosos) assim como poluentes gasosos; não criam fontes secundárias de poeira; capacidade de lidar com correntes de gases com temperatura e umidade elevadas; perigos mínimos de incêndio e explosão. As desvantagens incluem a necessidade de cuidados adequados para a disposição do resíduo líquido do lavador de gases, problemas de corrosão, congelamento em climas frios, elevada perda de carga e alto consumo de energia necessária para coletar partículas mais finas.

7.6.6 Seleção de coletores de poeira

As seções prévias mostraram que está disponível uma enorme variedade de alternativas de coletores de poeira, baseadas em vários princípios de coleta, construídas em diferentes tamanhos e materiais, com uma variação ampla de efetividade, custo inicial, requisitos operacionais e de manutenção.

Um coletor ideal deverá:

- ter alta eficiência na remoção da poeira da corrente de ar;
- permitir que escape a menor quantidade possível de poeira;
- usar o mínimo de energia;
- ter custos iniciais razoáveis, assim como de operação e manutenção;
- ser simples de operar e manter;
- satisfazer as regulamentações sobre ar e água.

Recomenda-se consultar os fabricantes antes da seleção de um coletor de poeira adequado. A compreensão completa dos fatores que influenciam a eficiência dos coletores de poeira é a chave para a seleção adequada. Estes fatores incluem:

- concentração e distribuições por tamanho de partículas da poeira suspensa no ar;
- características da corrente de ar, incluindo temperatura e vapor de água;
- características da poeira – composição química, pegajosidade, potencial para ser abrasiva;
- e custos iniciais, operacionais e de manutenção.

Para algumas aplicações, é possível que tenham que ser feitas concessões relacionadas a custo e facilidade de manutenção para satisfazer o padrão de emissão no controle da poluição do ar. Em algumas aplicações, apesar do custo inicial mais elevado, os ESPs são usados em vez de filtros de tecido devido à menor resistência oferecida ao movimento do ar (conseqüentemente menor perda de carga ou energia requerida) e tolerância a temperaturas elevadas.

Alguma informação útil para a seleção de coletores de poeira está apresentada nas Tabelas 7.3 a 7.6 (Vincent, 1995; reproduzida por cortesia de J. H. Vincent).

Tabela 7-3 – Fatores científicos básicos para a seleção de purificadores de ar

	Tamanho de partícula a ser coletada			Temperatura do gás na entrada do coletor			
	Acima 10 μm	1-10 μm	Abaixo de 1 μm	Acima 400° C	250° C a 400° C	Ponto de condensação a 250° C	Próximo ao ponto de condensação
Ciclones	Sim	Atenção	Não	Sim	Sim	Sim	Evitar
Lavadores de gases de baixa energia	Sim	Atenção	Não	Atenção	Sim	Sim	Sim
Lavadores de gases de alta energia	Sim	Sim	Sim	Atenção	Sim	Sim	Sim

	Tamanho de partícula a ser coletada			Temperatura do gás na entrada do coletor			
	Acima 10 μm	1-10 μm	Abaixo de 1 μm	Acima 400° C	250° C a 400° C	Ponto de condensação a 250° C	Próximo ao ponto de condensação
Filtros fibrosos	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Evitar
Filtros de tecido	Sim	Sim	Sim	Não	Atenção	Sim	Evitar
Precipitadores eletrostáticos	Sim	Sim	Sim	Atenção	Sim	Sim	Evitar

Tabela 7-4 – Fatores técnicos práticos para seleção de purificadores de ar

	Requisitos do processo práticos				
	Baixo custo de capital	Custo corrente baixo	Baixa complexidade técnica	Produto seco	Risco de incêndio ou explosão
Ciclones	Sim	Sim	Sim	Sim	Atenção
Lavadores de gases de baixa energia	Sim	Sim	Sim	Não	Sim
Lavadores de gases de alta energia	Atenção	Evitar	Sim	Não	Sim
Filtros fibrosos	Sim	Sim	Sim	Sim	Atenção
Filtros de tecido	Atenção	Atenção	Atenção	Sim	Atenção
Precipitadores eletrostáticos secos	Evitar	Sim	Evitar	Sim	Evitar

Tabela 7-5 – Fatores relativos às propriedades do aerossol para a seleção de purificadores de ar

	Propriedades da poeira					
	Carga de entrada elevada	Erosiva	Pegajosa	Leve / fofa	Difícil de molhar	Resisti-vidade elevada
Ciclones	Sim	Sim	Evitar	Evitar	Sim	Sim
Filtros de tecido	Atenção	Atenção	Evitar	Sim	Sim	Sim
Filtros fibrosos	Evitar	Sim	Atenção	Sim	Sim	Sim
Lavadores de gases de baixa energia	Sim	Sim	Sim	Sim	Atenção	Sim
Lavadores de gases de alta energia	Sim	Atenção	Sim	Sim	Atenção	Sim
Precipitadores eletrostáticos	Atenção	Sim	Atenção	Atenção	Sim	Atenção

Tabela 7-6 – Fatores relativos do gás para a seleção de purificadores de ar

	Condições do gás				Outros fatores	
	Perda de carga cons-tante	Fluxo variado	Corrosivo	Pressão elevada	Equipa-mento subsidiário mínimo	Purificação *on-line*
Ciclones	Sim	Atenção	Atenção	Sim	Sim	Sim
Filtros de tecido	Atenção	Sim	Atenção	Atenção	Atenção	Atenção
Filtros fibrosos	Atenção	Atenção	Atenção	Sim	Sim	Evitar
Lavadores de gases de baixa energia	Sim	Atenção	Atenção	Sim	Atenção	Sim
Lavadores de gases de alta energia	Sim	Atenção	Atenção	Sim	Atenção	Sim
Precipitadores eletrostáticos	Sim	Atenção	Atenção	Atenção	Atenção	Sim

Referências para o Capítulo 7

ACGIH (1998). *Industrial Ventilation: A Manual of Recommended Practice, 23rd Edition,* American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati, Ohio, USA. ISBN 1-882417-22-4.

BOHS (1996). *The Manager's Guide to Control of Hazardous Substances, with 21 Case Studies, General Guide nº 1,* British Occupational Hygiene Society, Derby DE1 1LT, UK.

Buonicore, A. J.; Davis, W. T. (editors) (1992). *Air Pollution Engineering Manual. ISBN 0-471-28441-6.*

Burgess, W. A. (1995). *Recognition of Health Hazards in Industry: a Review of Materials Processes, 2nd edition. J.* Wiley and Sons, New York, N.Y. (Também disponível em Português). ISBN 0-471-57716-2.

Burgess, W. A.; Ellenbecker, M. J.; Treitman, R. T. (1989). *Ventilation for control of the workplace environment.* John Wiley and Sons, New York, USA.

Burton, J. D. (1997). *Industrial Ventilation Workbook, 4th Edition.* American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati, Ohio, USA. ISBN 1-883992-04-4.

Gill FS (1995). *Ventilation. In Occupational Hygiene (Harrington and Gardiner, editors), pp 378-403.* Blackwell Science, Oxford, UK. ISBN 0-632-03734-2.

HSE (1990). *Provision, Use and Maintenance of Hygiene Facilities for Work with Asbestos Insulation and Coatings. EH47.* Health and Safety Executive, London, UK.A ISBN 0-11-883933-0.

HSE (1992). *Measurements of Air Change Rates in Factories and Offices. Methods for the Determination of Hazardous Substances (MDHS 73).* Health and Safety Executive, UK. ISBN 0-11-885693-6.

HSE (1993). *An Introduction to Local Exhaust Ventilation. HSG 37.* Health and Safety Executive, UK. ISBN 0-7176-1001-2.

HSE (1997). *Dust control in Powder Handling and Weighing.* Health and Safety Executive, UK. ISBN 0-7176-1370-4.

HSE (1998). *The Maintenance, Examination and Testing of Local Exhaust Ventilation.* HSG 54, Health and Safety Executive, UK. ISBN 0-7176-1485-9.

HSE (1999). *Enclosures Provided for Work with Asbestos Insulation, Coatings and Insulating Board.* EH 51. Health and Safety Executive, UK. ISBN 0-11-885408-9.

INRS (1984). *Ventilation, INRS 4, Institut National de Recherche et de Sécurité,* Paris, France.

INRS (1985). *Ventilation des Postes de Decochage en Fonderie,* Publication ED 662, Institut National de Recherche et de Sécurité, Paris, France.

INRS (1986). *Principes Généraux de Ventilation, Publication* ED 695, Institut National de Recherche et de Sécurité, Paris, France.

INRS (1992). *Deuxième Transformation du Bois, Publication* ED 750, Institut National de Recherche et de Sécurité, Paris, France.

INRS (1993). *Emploi des matérieux pulvérulents, Publication ED 767*, Institut National de Recherche et de Sécurité, Paris, France.

INRS (1996). *Principes Généraux de Ventilation.* Institut National de Recherche et de Sécurité, juin 1996. ISBN 2-85599-431-4

Johnson, A. E.; Brown, R. C. (1998). "Measurement of the performance of air cleaners against the particulate element of rosin-based solder flux fume." *Annals of Occupational Hygiene* 42(8):511-519.

Liu, J.; Liu, G. Q. (1997). "The appropriate dust collectors used in small cement plant with shaft kiln." *Environmental Engineering (China)* 15(3):19-23

NIOSH (1999). "Control of dusts from sanding in autobody repair shops." *Applied Occupational and Environmental Hygiene* 14(8):519.

Thorpe, A.; Ritchie, A. S.; Gibson, M. J.; Brown, R. C. (1999). "Measurements of the effectiveness of dust control on cut-off saws used in the construction industry." *Annals of Occupational Hygiene* 43(7): 443-456.

Topmiller, J. L.; Watkins, D. S.; Shulman, S. A.; Murdock, D. J. (1996). "Controlling wood dust from orbital hand sanders." *Applied Occupational and Environmental Hygiene 11(9):1131-1138.*

Vincent, J. H. (1995). *Aerosol Science for Occupational Hygienists.* Elsevier Science. ISBN 0-08-042029- X.

WHO (1992). *Control Technology for the Formulation and Packing of Pesticides.* World Health Organization, Geneva, Switzerland.

CAPÍTULO 8
O PAPEL DO TRABALHADOR: PRÁTICAS DE TRABALHO E PROTEÇÃO INDIVIDUAL

O terceiro componente na classificação do risco na Tabela 5.1 na Seção 5.3 é o ***receptor*** – o operador humano que recebe a exposição. Entretanto, um receptor humano está longe de ser passivo, e as atividades do trabalhador também afetam a emissão e a transmissão. Isso deve ser levado em conta no controle.

8.1 Práticas de trabalho

As práticas de trabalho são particularmente importantes sempre que a maneira pela qual as tarefas são realizadas influenciam a geração, a liberação e a disseminação de agentes perigosos ou nocivos no ambiente de trabalho, ou as condições de exposição dos trabalhadores. As boas práticas de trabalho complementam e intensificam qualquer medida de controle de engenharia.

Os princípios básicos para boas práticas de trabalho incluem:

- minimizar o tempo durante o qual um agente químico é capaz de entrar no ar do ambiente de trabalho;
- remover, o mais rápido possível, produtos e resíduos que podem contaminar o ar do local de trabalho, por exemplo, em fundições, a pré-limpeza de peças fundidas logo após desmoldagem para reduzir a liberação de poeira durante o transporte e manuseio das peças;
- fechar cuidadosamente recipientes imediatamente após o uso, e fechar as portas que dão acesso a áreas contaminadas;
- manusear cuidadosamente materiais, como o transporte de recipientes e transferência de pós de um recipiente para outro;
- manusear corretamente recipientes e sacos vazios;
- remover rapidamente derramamentos (veja Seção 9.1);
- usar velocidade adequada na realização de certas tarefas;

- dar tempo para que a ventilação purifique o ar, por exemplo, após detonação em uma mina;
- evitar, onde for possível, a inalação de poeira visível;
- evitar o contato da pele com produtos que a afetam ou nela penetrem;
- não usar produtos químicos de recipientes não identificados;
- não comer, beber ou fumar no local de trabalho;
- usar adequadamente controles de engenharia e equipamentos de proteção individual.

Um exemplo de como as práticas de trabalho podem contribuir para, ou comprometer a eficiência de um controle de engenharia é a disposição de sacos vazios (que continham pós tóxicos) em um receptáculo construído para esse propósito na parede lateral de uma cabina ventilada (veja Figura 7.17, no Capítulo 7). O procedimento correto, que assegura o controle máximo, é colocar os sacos no receptáculo *imediatamente após* descarregar o pó, ainda sob a influência de controle do sistema de ventilação local exaustora. Se o trabalhador se põe a sacudir e dobrar os sacos vazios fora da cabina, a poeira irá se dispersar, não importando em que extensão a instalação da cabina é adequada. Medidas de engenharia por si mesmas não garantem o controle. Um procedimento errado pode neutralizar um posto de trabalho cuidadosamente projetado.

Os processos de trabalho e os riscos associados deveriam ser estudados cuidadosamente com o objetivo de determinar como a exposição ocorre e como pode ser evitada ou diminuída por mudanças adequadas nos procedimentos. Técnicas de visualização, como a monitoração da exposição com vídeo, podem ser extremamente valiosas para tais estudos porque demonstram, no mesmo instante e para todos os interessados, como a exposição varia quando o trabalhador executa a mesma operação de diferentes formas, ou, quando a zona respiratória do trabalhador está situada diferentemente em relação à tarefa.

Os trabalhadores são atores–chave porque eles não apenas contribuem para o planejamento de práticas de trabalho seguras, mas também são aqueles que deverão aceitar e aderir a essas práticas.

Embora as práticas de trabalho dependam em grande parte da colaboração dos trabalhadores, a responsabilidade principal deverá ser da administração, que é responsável por treinar adequadamente esses trabalhadores e pelas providências que lhes permitirão executar suas tarefas da forma mais segura possível, que não será necessariamente a mais rápida. A importância da prática da administração em formar atitudes de saúde e segurança foi discutida no Capítulo 3. Entre outras coisas, as descrições de funções deveriam incluir práticas de trabalho seguras e saudáveis.

Pode ocorrer que certos produtos químicos sejam absorvidos através da ingestão, particularmente em situações de limpeza precária, práticas de trabalho deficientes e higiene pessoal descuidada. Comer, beber e estocar alimentos ou recipientes de alimentos em áreas de trabalho devem ser práticas proibidas em qualquer local onde houver perigo de ingestão. O hábito de fumar deve ser proibido no local de trabalho e, em geral, fortemente desencorajado porque ele piora vários efeitos à saúde decorrentes da exposição a poeiras.

Áreas adequadas de alimentação devem ser providenciadas e mantidas sempre limpas. Os trabalhadores devem lavar suas mãos e faces antes de comer e beber.

A figura 1-2 ilustrou muito bem que a concentração no ar em si não é o único parâmetro que influencia a absorção e mesmo o modo de respirar pode afetar a exposição. Diferentes pessoas respiram a taxas e de modos diferentes e isso afeta a quantidade de poeira inalada e a proporção que é depositada em cada região do pulmão.

8.2 Educação, instrução e comunicação de riscos

Informação, educação e treinamento são elementos-chave das estratégias preventivas. A importância de usar profissionais conscientes dos aspectos de segurança na elaboração de projetos de processos e de locais de trabalho foi mencionada na Seção 5.5. Quando o local de trabalho é operacional, trabalhadores, pessoal da administração e da produção deveriam estar bem cientes dos riscos à saúde criados pela exposição a substâncias nocivas e serem educados e instruídos sobre como preveni-los.

Os trabalhadores devem estar bem informados sobre riscos e medidas de controle, e saber como realizar suas tarefas de forma correta e segura. Existem vários mecanismos para a comunicação apropriada de perigos e riscos. Por exemplo: cursos, comunicações pessoais feitas por supervisores e equipe de saúde e folhetos. A esse respeito, as Fichas de Segurança de Produtos (FSP)[2] constituem um instrumento muito útil. Em muitos países, a comunicação de perigos e possíveis risco e as FSP são objeto de padrões nacionais, obrigatórios por lei. O Programa Internacional de Segurança Química (PISQ) [International Programme on Chemical Safety – IPCS] produz uma série de Fichas Internacionais de Segurança Química [International Chemical Safety Cards][3].

Além disso, a educação e o treinamento da força de trabalho deve proporcionar informação prática adequada sobre:

- práticas de trabalho seguras;
- limpeza adequada do recinto;
- uso e manutenção adequados de equipamento de proteção;
- higiene pessoal;
- conseqüências da exposição a materiais com os quais trabalha;
- sinais precoces da exposição excessiva;
- procedimentos de manutenção e reparo de Equipamento de Proteção Individual (EPI); (veja Seção 8.4);
- justificativas e resultados de qualquer programa de monitoração.

---

[2] A sigla em Inglês é MSDS – *Material Safety Data Sheet*. No Brasil elas são conhecidas como FISPQ – Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico normatizada pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. [Nota do tradutor].

[3] Dez séries de 70-80 Fichas cada foram publicadas até agora, e podem ser obtidas no Office for Official Publications of the European Commission, L-2985, Louxembourg Fax: +352-48-85-73/48 68 17 [Nota do tradutor: Essas fichas podem ser obtidas através da Internet, em várias línguas, a partir da página do NIOSH – http://www.cdc.gov/niosh/ipcs/icstart.html].

Os operadores da fábrica deveriam ser instruídos sobre a operação do processo, que precauções deveriam ser tomadas e quando tomá-las. Eles deveriam conhecer os procedimentos de limpeza, estocagem e disposição, mostrando-se a eles porque tudo isso é necessário. Instrução sobre a disposição de resíduos poderia se referir a algo simples como colocar o resíduo no recipiente correto fornecido com um revestimento de plástico e uma tampa.

Educação e treinamento estão interligados. Educação diz respeito à transferência de informação, mas o treinamento adiciona o elemento inestimável de como realizar de fato a tarefa. A experiência prática de examinar todos os aspectos dos procedimentos de controle reforça a mensagem preventiva. Por exemplo, os operadores podem precisar fazer pequenos ajustes nos sistemas de ventilação dependendo da tarefa que estejam executando, ou as emissões podem depender de parâmetros do processo sobre os quais eles tem algum grau de controle. Indiscutivelmente, o treinamento deveria ser apropriado para a função, mas ele deveria ser visto como um requisito continuado. Treinamento periódico de atualização pode ser necessário. Para se obter o benefício máximo, os administradores e supervisores deveriam perceber porque o controle efetivo é necessário e deveriam conhecer a melhor forma de alcançá-lo.

A manutenção cuidadosa de registros e o acesso fácil a eles constituem elementos importantes de muitos aspectos do controle. Os registros do treinamento e outras atividades educativas fazem parte disso e devem ser levados em conta no planejamento adequado do treinamento de atualização.

8.3 Percepção dos problemas de poeira

A participação dos trabalhadores é indispensável em todas as etapas da prática da higiene ocupacional, desde o reconhecimento ao controle dos riscos. Tendo em vista suas experiências com processos de trabalho, os trabalhadores devem fazer parte das equipes de planejamento das estratégias de controle. O conhecimento que possuem do local de trabalho, de forma contínua e próxima, irá permitir-lhes chamar atenção para o que não é óbvio para um profissional visitante.

Entretanto, é provável que a percepção daqueles que estão sempre no local de trabalho seja incompleta. Uma exposição ocupacional pode ser negligenciada, mal compreendida ou ignorada. Por exemplo, um estudo na Nigéria (Fatusi e Erbabor, 1996) demonstrou que, apesar de 95% dos trabalhadores estivessem cientes dos riscos potenciais da exposição a serragem, menos de 20% usavam máscaras de proteção. Alguns exemplos de falhas na percepção de problemas comumente encontrados serão agora apresentados.

As propriedades tóxicas fundamentais da poeira podem não ser apreciadas

A periculosidade [ou nocividade] atribuída a diferentes poeiras varia enormemente, mas pode existir uma percepção de que todas as poeiras sejam praticamente iguais. Particularmente, mas não exclusivamente, no caso de poeiras vegetais, poeiras aparentemente inocentes podem ser muito prejudiciais. Tais concepções alternativas necessitam ser contrapostas utilizando-se técnicas eficientes de comunicação de perigos e possíveis riscos, tal como foi delineado na seção anterior.

Exemplo 1: Na **extração mineral**, o trabalho com pedra calcária apresenta um perigo menor à saúde, mas o trabalho com rochas duras como o granito, pedras de areia ou arenito podem expor os trabalhadores a níveis perigosos de poeira respirável com elevado conteúdo de sílica livre cristalina. As pessoas podem se recusar a acreditar que uma poeira seja inerte do ponto de vista toxicológico enquanto a outra é muito nociva à saúde. Algumas vezes também é difícil compreender que a exposição a certas poeiras irá causar doença em um período de talvez vinte ou trinta anos, particularmente se nenhuma das conseqüências imediatas for observada. O fato da fração de poeira mais perigosa ser em grande parte invisível sob a luz normal agrava a falta de conscientização do problema.

Exemplo 2: No **trabalho agrário e na indústria de alimentos** pode existir exposição a poeira de grãos e outros materiais que parecem inocentes mas que podem causar doença. Exposição repetida pode resultar na sensibilização e ataque de asma ou outro dano pulmonar em longo prazo. Muito freqüentemente, se isso ocorre, a única solução é remover completamente o trabalhador sensibilizado da fonte de exposição. Os trabalhadores (e a administração) podem ter dificuldades em compreender que inalar algo como poeira de grãos pode ser nocivo e prejudicar os pulmões porque o grão é um alimento percebido como sendo completamente inofensivo, tanto que pode ser ingerido sem nenhum efeito para a saúde.

Exemplo 3: No **trabalho com madeira**, os trabalhadores podem estar expostos a uma ampla variedade de poeiras, cujos efeitos variam desde efeitos menores a efeitos carcinogênicos. O lixamento, por exemplo, é um processo comum que expõe o trabalhador a altas concentrações de poeira na faixa de tamanho inalável, mas freqüentemente não é percebido como um problema porque a poeira é "natural". Mais uma vez, podem não existir efeitos imediatos óbvios, e o começo da doença associada pode ocorrer muitos anos depois que a exposição tenha-se iniciado.

Mesmo quando as propriedades tóxicas são conhecidas, a forma pela qual a exposição ocorre é mal compreendida.

Desde que a poeira respirável freqüentemente é invisível, pode existir um falso sentido de segurança em relação à aparente ausência de emissões a partir dos processos (veja Seção 2.1). As medidas de controles podem estar no lugar certo, mas podem não ser efetivas sem que a força de trabalho esteja ciente disto.

8.4 Equipamentos de proteção individual (EPI)

Todas as possibilidades de controle devem ser exploradas antes de se lançar mão do uso de equipamento de proteção individual porque é o meio menos aceitável para controle rotineiro da exposição, particularmente a exposição a contaminantes atmosféricos. As razões para isto incluem as apresentadas a seguir. Alguns destes pontos serão tratados posteriormente de forma mais completa.

- O EPI protege somente aquela pessoa que está usando e, algumas vezes, a fonte de poeira pode apresentar um risco para outras pessoas no mesmo local de trabalho, ou

em outros locais se o material suspenso no ar for espalhado através de derramamentos ou ventilação.

- Muitos estudos mostraram que os EPI de todos os tipos normalmente oferecem menor proteção no local de trabalho do que poderia ser inferido a partir de ensaios de laboratório.
- O EPI não irá prevenir a contaminação ambiental.

Em um mundo ideal, a seleção de técnicas envolvendo projeto de instalação, projeto de processo e boas práticas de trabalho, apoiadas por métodos administrativos e gerenciais, resultaria em níveis aceitáveis de exposição a poeira no local de trabalho. Infelizmente, num mundo real é sempre muito freqüente que exista a necessidade de tratar risco residual da exposição individual decorrente das inadequações no projeto do processo, de constrangimentos na prevenção, ou de deficiências nos sistemas de controle. A abordagem esclarecida é perseverar com soluções inovadoras. Entretanto, pode-se alcançar um ponto onde o equipamento de proteção individual comece a desempenhar uma parte importante na estratégia de controle. Por facilidade de apresentação, essa seção sobre EPI será dividida em equipamento de proteção respiratória e em roupas apropriadas para atuar como barreira para materiais pulverulentos. Muitos dos elementos relativos ao gerenciamento de um programa de proteção respiratória e um programa de roupas de proteção são comuns.

8.4.1 Equipamento de proteção respiratória (EPR)

Os respiradores são particularmente difíceis de usar e implicam em custo fisiológico para o usuário, particularmente em climas quentes e trabalhos quentes. Por essa razão, deveriam ser usados somente como o último recurso, quando outros métodos de controle não são possíveis. O uso de dispositivos de proteção respiratória seriam aceitáveis somente sob condições específicas, por exemplo:

- como solução temporária, enquanto as medidas de controle ambientais estão sendo planejadas e implementadas;
- sempre que as medidas de controle ambientais não são tecnicamente possíveis, e.g. pintura de uma ponte, ou insuficientes para proporcionar proteção completa, e.g. jateamento de areia;
- nas operações de duração muito curta, por exemplo a entrada em um ambiente poluído e fechado para verificar um instrumento de medição;
- sempre que os operadores estiverem excessivamente expostos a poeira (concentrações ou toxicidade elevadas) por períodos de tempo relativamente curtos, por exemplo no jateamento abrasivo ou pesagem de pós tóxicos esporádicos;
- nas operações de manutenção e reparo, tais como, a substituição do revestimento refratário de um forno para operações que são técnica ou financeiramente muito difíceis de serem controladas através de medidas ambientais, e/ou envolver um número pequeno de trabalhadores.

Howie (1995) revisou os aspectos práticos de se implementar um programa de equipamento de proteção individual (EPI), apresentados na forma dos 18 tópicos seguintes. Eles se aplicam igualmente ao EPR[4], mas é claro, na prática, que um programa de EPR deveria estar integrado ao programa geral de EPI conforme a necessidade (Seção 8.4.2).

1. *Avalie os riscos e identifique onde o controle é necessário.*

2. *Implemente todos os outros controles razoavelmente exeqüíveis.*

Alguns exemplos de casos onde o EPR poderia ser justificado foram dados acima, mas a necessidade deles deveria sempre estar sob revisão, de forma a reduzir o número de trabalhadores que usam EPR e o tempo em que eles devem ser usados. Deveriam ser sempre procurados os meios de reduzir a geração de poeira ou reduzir o tempo de exposição potencial da força de trabalho.

O primeiro passo no estabelecimento de um programa de EPR é identificar aquelas áreas onde ele é realmente necessário. Deveria ser uma prioridade o estabelecimento de zonas bem definidas onde o uso de respirador é obrigatório. Por exemplo, embora os níveis de poeira no interior de galpões de peneiramento [*screening sheds*] em uma pedreira possam ser muito altos, não é justificável implementar medidas caras de controle ambientais, porque os operadores não entram nos abrigos com regularidade. Entretanto, é imperativo que qualquer um que tiver que entrar nesses abrigos deverá estar protegido de exposições elevadas de curta duração a poeiras através do uso de equipamento de proteção respiratória apropriado. Deveria ser simples e direto assegurar que qualquer um que entrar em tais áreas estivesse bem informado do problema e munido com o equipamento necessário para proteger-se contra a poeira. Uma avaliação dos níveis de poeira, aliado ao conhecimento do mineral de origem, irá permitir a seleção correta do respirador. O uso cuidadoso do equipamento de proteção respiratória pode resultar em reduções apreciáveis da exposição pessoal a poeira.

3. *Identifique quem necessita de proteção residual.*

É importante também identificar que nível de proteção é requerido (veja o tópico 5 abaixo).

4. *Informe os usuários das conseqüências da exposição.*

Tal como foi discutido no Capítulo 3, o controle do risco deve estar integrado aos procedimentos de gestão. O uso adequado do EPR exige comprometimento do trabalhador e, portanto, é necessário que o usuário compreenda sua importância. Os usuários devem entender a importância continuada de boas práticas de trabalho (Seção 8.1), de forma que os outros também estejam protegidos. Algumas vezes, são observadas situações inacreditáveis, por exemplo, um jateador de areia pode estar usando equipamento de proteção individual ao mesmo tempo em que não existe proteção alguma para todos os outros trabalhadores que podem estar executando operações completamente não poeirentas na vizinhança e, portanto, também estão expostos à poeira contendo sílica altamente perigosa. Por essa razão a preocupação deveria ser com "zonas poeirentas" ao invés de "atividades poeirentas".

[4] No Brasil este tipo de programa é comumente denominado de Programa de Proteção Respiratória – PPR [Nota do tradutor]

5. Selecione o EPR adequado para controlar a exposição em questão.

O EPR deveria reduzir a exposição dos usuários abaixo dos níveis aceitáveis, e.g., abaixo dos limites de exposição ocupacional, levando-se em conta os fundamentos de tais limites (Seção 4.3.2). Vários tipos de respiradores para poeiras estão disponíveis no mercado. A proteção mínima é fornecida por respiradores de peça facial filtrante descartável e respiradores com máscara semi-facial funcionando sob pressão negativa. Um nível de proteção mais elevado pode ser fornecido por respiradores com peça facial inteira e por respiradores de suprimento de ar motorizados com elmos ou capuzes. Respiradores motorizados com um suprimento de ar filtrado fresco para a máscara facial fornecem uma opção relativamente confortável. Em alguns casos a melhor opção poderia ser o uso de máscara facial inteira ou máscara semi-facial suprida com ar limpo proveniente de um sistema compressor. Taxas de respiração excessivas podem reduzir a efetividade da proteção respiratória. Deve-se lembrar que respiradores de filtração não devem ser usados em atmosferas deficientes de oxigênio. Além disso, os usuários de respiradores freqüentemente confundem filtros para particulados com filtros para vapores, com resultado desastroso de se utilizar um filtro completamente não efetivo para o perigo em questão. Além disso, existem contaminantes particulados que podem vaporizar subseqüentemente através do elemento filtrante.

O EPR pode ser testado de acordo com um conjunto de padrões nacionais e internacionais. Entretanto, nos anos recentes, tem se tornado cada vez mais evidente que a proteção fornecida por respiradores em uso no local de trabalho pode ser um fator dez vezes menor que o esperado a partir de ensaios de laboratório ou até pior. É essencial levar isso em conta quando se considera qual fator de proteção é requerido. Howie (1995) recomenda que os usuários potenciais deveriam solicitar aos fabricantes dados sobre desempenho do respirador no local de trabalho, e não apenas o desempenho nos ensaios de laboratório padronizados, e somente deveriam comprar equipamentos no lugar onde estes dados fossem fornecidos.

Os respiradores deveriam ser selecionados para uso somente dentro dos limites da faixa de operação para a qual eles foram projetados. O critério de seleção incluirá o fator de conforto e a facilidade de uso do equipamento. Sempre que possível é importante dar aos usuários a opção de escolha do equipamento. O uso apropriado de respiradores tem sido bem discutido na literatura (HSE, 1998; ISSO, 1997; NIOSH, 1987 e 1996; OSHA, 1998). Assim como outro equipamento de controle inadequado, EPR inadequado conduz a um falso sentido de segurança e não apenas põe em perigo os trabalhadores, mas também desperdiça recursos financeiros.

6. Compatibilize o EPR com o usuário

O EPR deve ter um bom ajuste para todos os usuários potenciais, e geralmente isso significa que uma faixa de tamanhos e tipos deve estar disponível e, onde for possível, deve ser dada uma opção de escolha ao usuário. Os EPR talvez sejam testados principalmente em homens caucasianos, mas mulheres e outros tipos raciais podem até mesmo exigir uma faixa diferente de tamanhos (Han, 2000). Se o usuário tem pelos faciais, incluindo barba curta, isto pode impedir um bom ajuste para máscaras do tipo semi-faciais e tornar necessário o uso de respiradores motorizados.

Algumas autoridades nacionais agora exigem ou recomendam um sistema de medição da boa qualidade do ajuste do EPR ao usuário, particularmente se for usado para materiais muito perigosos como o amianto (HSE, 1999).

7. *Assegure que o EPR não cria risco(s).*

8. *Assegure que diferentes EPIS sejam mutuamente compatíveis.*

EPR deficientemente projetado pode restringir o campo de visão do usuário e isso deve ser considerado na seleção com referência à atividade de trabalho que deve ser feita. Alguns modelos interferem com os óculos de segurança ou capacetes e esses outros tipos de EPI podem afetar o EPR de tal forma que o ajuste pode ficar comprometido.

9. *Envolva os usuários no processo de seleção do EPR.*

10. *Forneça EPR para os trabalhadores gratuitamente.*

11. *Treine os usuários no uso adequado de seus EPR.*

Como já foi mencionado no tópico (4) acima, o controle da poeira deve estar integrado ao processo de gestão e os aspectos humanos são particularmente importantes no programa de EPI. Educação e treinamento sobre o uso adequado, limpeza e manutenção do equipamento de proteção individual, assim como as considerações sobre fatores individuais e aspectos culturais são muito importantes. "Usuários e seus supervisores deveriam estar completamente treinados em como ajustar o EPI corretamente, como avaliar se o equipamento está corretamente ajustado, como inspecionar o EPI para assegurar que ele tenha sido fabricado corretamente e, para equipamento reutilizável, se ele tem sido limpo e mantido adequadamente" (Howie, 1995). Howie também enfatiza que quanto maior for o risco, mais importante é o treinamento para o uso correto.

12. *Minimize os períodos de uso.*

A importância da consideração do avanço de outros métodos de controle já foi enfatizada. Se os trabalhadores forem solicitados a usar um EPR restritivo, quente ou desconfortável por períodos extensos, é provável que usarão qualquer desculpa para removê-lo.

13. *Supervisione os usuários para assegurar o uso correto do EPR.*

Os supervisores imediatos devem também ser treinados sobre a necessidade, uso correto e limitações do EPR.

14. *Mantenha o EPR em condição eficiente e higiênica.*

15. *Inspecione o EPR para assegurar se ele está mantido corretamente.*

A manutenção e um programa de inspeção do equipamento assegura que as características de desempenho inicial irão continuar ao longo de sua vida. Respiradores necessitam ser cuidados. Selos deterioram, filtros entopem e perdem a eficácia, válvulas de exalação podem rachar se deixadas na posição aberta. Respiradores motorizados contam com baterias que devem estar bem carregadas para uso prolongado e para garantir um fluxo de ar adequado, por essas razões, eles necessitam de manutenção cuidadosa e instalações de recarga para que permaneçam efetivos. Obviamente, quanto mais complexo for o equi-

pamento, maior é a possibilidade de alguma coisa dar errada. Limpeza e armazenamento adequados são aspectos importantes da manutenção, não somente porque podem afetar a eficiência do equipamento, mas também porque os usuários podem não querer usar um equipamento sujo.

16. Forneça instalações adequadas para armazenamento do EPR

Equipamento mal armazenado pode ser furtado, ou tornar-se sujo e danificado. Conseqüentemente, é mais provável que não seja efetivo e menos provável que seja usado adequadamente.

17. Registre o uso, a manutenção e os dados de inspeção

Isso irá assegurar que essas tarefas sejam realmente executadas e que um EPR não estará sendo usado além da sua vida útil efetiva.

18. Monitore o programa para assegurar a efetividade continuada

Esse é mais um aspecto da integração das medidas de controle da poeira em procedimentos de gestão efetivos (Capítulo 3).

Não se pode deixar de enfatizar que **o uso de equipamento de proteção respiratória nunca deveria ser considerado como um substituto para medidas de controle apropriadas, mas o último recurso.** Apesar disso, ele pode ser uma parte importante da estratégia global para minimizar a exposição individual em processos poeirentos. Falha no reconhecimento da necessidade de um programa de proteção respiratória e um gerenciamento deficiente da implementação desse programa resultarão na exposição desnecessária do operador, o que levará a uma maior incidência de diminuição da capacidade de trabalho e doença ocupacionais.

8.4.2 Roupa de proteção e controle da exposição

Para muitos materiais pulverulentos, a principal preocupação é a exposição por inalação. Para materiais que também são tóxicos por ingestão, ou onde o contato com a pele cria problemas, existe a necessidade de seleção e uso efetivo de roupas de proteção. Programas efetivos estão vinculados a bons sistemas de descontaminação e prevenção da propagação.

O processo de seleção de roupa de proteção tem que considerar as condições em que ela será usada. Uma barreira completamente efetiva à penetração da poeira pode levar a uma situação onde o estresse térmico se torna o principal fator. Muito freqüentemente, a roupa pode ser escolhida para oferecer a melhor solução conciliatória. Estão disponíveis tecidos que têm uma série de características de desempenho, não apenas em termos da resistência à penetração da poeira, mas também em termos da permeabilidade ao ar e à umidade. As peças de roupa mais confortáveis são aquelas que mostram baixa resistência ao movimento do ar e umidade, ajudando assim a prevenir condições que resultem em estresse térmico. As peças de roupa podem ser descartáveis, ou de vida útil limitada, ou projetadas para um período de uso mais longo, se lavadas e passadas regularmente. Roupa de proteção para ocupações pulverulentas **seguidamente são também consideradas como roupas normais de trabalho**.

Assim como no caso do equipamento de proteção respiratória, existe a necessidade de assegurar que a roupa se ajuste adequadamente. Os fatores a serem considerados incluem a necessidade de se ter peças de roupas fechadas no punho e nos tornozelos fornecida com um capuz, resistência do material e das costuras para suportar condições de trabalho árduas, etc. A roupa de proteção individual necessita ser compatível com outros equipamentos de proteção individual como, por exemplo: proteção auditiva, proteção para os olhos e respiradores. As peças de roupa devem ser selecionadas de acordo com o grau de proteção requerido. Informações de fabricantes ou fornecedores devem ser úteis a esse respeito. Os usuários precisam conhecer se as peças de roupa podem ser lavadas de forma satisfatória para reuso ou se devem ser consideradas como produtos descartáveis (uso único).

A proteção das mãos pode ser a parte mais importante de um programa planejado para prevenir exposição da pele. A seleção correta de luvas é vital para que elas forneçam uma barreira adequada. Deve ser lembrado que poeiras não ocorrem sozinhas e outros produtos químicos podem afetar o material da luva. Por exemplo, certas substâncias (e.g. muitos solventes orgânicos) são especialmente penetrantes e as informações de ensaios são vitais para a seleção correta das luvas. A freqüência com que as luvas são trocadas depende do potencial para degradação e do tipo de uso. Algumas substâncias degradam seriamente o material da luva tornando-o mais propenso a abrir fissuras ou rachaduras, resultando em perda da barreira de proteção. As luvas somente podem constituir uma barreira efetiva contra substâncias perigosas por um período de tempo limitado e, posteriormente, não fornecem proteção, mesmo que ainda pareçam estar em bom estado. Se o interior de uma luva se torna contaminado, a exposição pode ser aumentada em vez de minimizada. A transpiração aumenta a probabilidade de ocorrer absorção pela pele. Outros problemas associados a luvas incluem a perda de destreza e um falso sentido de segurança para o operador.

Procedimentos efetivos devem assegurar que as luvas sejam cuidadosamente removidas e limpas adequadamente após o uso e antes do armazenamento, o que deve feito em um local limpo, longe de superfícies contaminadas.

Qualquer programa de EPI tem que ser planejado e gerenciado adequadamente para que seja efetivo. O gerenciamento do programa vai muito além da seleção correta do equipamento. É uma batalha contínua educar a força de trabalho sobre a necessidade do uso do EPI e como assegurar a proteção máxima com o seu uso. Isso inclui métodos corretos de remover assim como colocar o EPI. Problemas podem ocorrer quando os trabalhadores removem a roupa de proteção, especialmente se as luvas são tiradas em primeiro lugar e as mãos ficam contaminadas. Outro problema ocorre quando os trabalhadores, ao deixarem uma área altamente contaminada e removerem os respiradores em primeiro lugar, a poeira depositada sobre e na roupa pode ser inalada. Finalmente, um programa de proteção individual efetivo freqüentemente é uma opção cara quando comparado com outro processo de mudança inovador.

8.5 Higiene pessoal e do vestuário

A higiene pessoal e do vestuário é essencial para os trabalhadores envolvidos com agentes químicos perigosos, especialmente na prevenção de doenças ocupacionais da pele (dermatoses e câncer) e quando estão lidando com substâncias que podem ser absorvidas através da pele.

As roupas de trabalho devem ser mudadas rotineiramente e, se forem contaminadas acidentalmente com uma substância tóxica, devem ser trocadas imediatamente e nunca levadas para a casa dos trabalhadores, mas lavada em instalações especiais (onde se tomam cuidados adequados). Uma peça de roupa molhada com um produto químico (com a capacidade de penetrar através de pele intacta), que permanece em contato com o corpo por um tempo suficiente, pode possibilitar uma condição de exposição continuada capaz, eventualmente, de resultar numa dose fatal. A poeira também pode ficar retida na roupa e posteriormente ser re-introduzida no ar na zona respiratória do trabalhador. Embora sejam facilmente evitáveis, têm sido relatadas muitas fatalidades resultantes de intoxicações por causa de falta de higiene pessoal e do vestuário.

A administração deve fornecer instalações adequadas no local de trabalho para higienização do corpo ou parte dele e tomar banhos. Além disso, para educar e motivar os trabalhadores a tomar banho após o trabalho, devem estar disponíveis, no local de trabalho, um número suficiente de chuveiros e, em climas frios, providos com água quente (pelo menos no inverno). Após tomar banho, os trabalhadores devem vestir roupas limpas.

Sempre que necessário, lavar as mãos com agentes de limpeza adequados é uma boa medida contra doenças ocupacionais da pele. Entretanto, deve-se tomar cuidado com os agentes de limpeza: alguns podem ser muito abrasivos a ponto mesmo de romper a superfície da pele e assim produzir um ponto de entrada para infecções e produtos químicos. Outros podem ser alergênicos. Têm sido registrados casos de "epidemias" de dermatites alérgicas na indústria onde, após investigação minuciosa, descobriu-se que o "culpado" era o agente de limpeza.

Também são essenciais salas com armários individuais adequados e, no caso de trabalho com material perigoso, instalações para disposição e lavagem dos vestuários usados.

8.6 Vigilância da saúde

A vigilância da saúde dos trabalhadores inclui exames admissionais, periódicos e especiais, incluindo observações clínicas, investigação de queixas específicas, testes ou investigações de triagem, monitoração biológica e detecção precoce de danos à saúde que possam resultar da exposição ocupacional.

Deveria ser lembrado que a avaliação da exposição através de dados ambientais reflete somente a exposição por inalação. A absorção real é mais bem avaliada através da monitoração biológica que reflete a exposição total (WHO, 1996a). Entretanto, a monitoração

biológica não é aplicável a todas as situações porque requer bons laboratórios analíticos que não estão facilmente acessíveis em todos os lugares. Além disso, os índices biológicos de exposição e métodos de avaliação têm sido desenvolvidos apenas para um número limitado de substâncias (e.g., chumbo). Também, sempre que testes de sangue são envolvidos, as técnicas invasivas exigidas podem introduzir um risco de infecção, por exemplo com o HIV ou o vírus da hepatite B, se o controle rigoroso do material médico não puder ser garantido. Infelizmente isso ocorre em certas partes do mundo.

A vigilância da saúde é freqüentemente exigida pelas autoridades legais, como um componente de um padrão abrangente, todavia, **ela deveria ser considerada como um complemento às estratégias de controle e nunca uma substituição da prevenção primária**. Ela contribui para a detecção de problemas e falhas nos sistemas de controle, e também na identificação de trabalhadores hiper-susceptíveis. Se os resultados de testes para a detecção precoce de efeitos adversos à saúde devido a perigos ou fatores de risco ocupacionais são usados para ajudar a prevenir novas exposições, isso pode ajudar a prevenir danos futuros e, assim, constituir em importante ferramenta de prevenção secundária. A vigilância da saúde dos trabalhadores expostos a poeiras minerais é tratada em uma publicação da OMS (WHO, 1996b).

A vigilância da saúde também pode contribuir para o reconhecimento e a avaliação de riscos. Na prática, para lidar com certos "riscos escondidos" (e.g. um agente desconhecido ou não foi reconhecido no ambiente de trabalho) ela pode ser um instrumento para revelar a exposição.

Alterações específicas no estado de saúde, que podem influenciar a resistência ao trabalho, também deveriam ser consideradas, especialmente para os trabalhadores designados para atividades de trabalho que exigem adaptação, tais como, turnos da noite e trabalhos quentes.

Os trabalhadores deveriam ser informados das razões para a realização de exames e ensaios médicos de forma a estarem motivados a participar ativamente, porém, eles deveriam ter o direito de recusar métodos de exame invasivos. Sempre que for usada qualquer técnica que envolva perfuração da pele, deve ser tomado o máximo de cuidado para a prevenção de doenças transmissíveis, como por exemplo hepatite B e C e AIDS. No caso de testes de sangue, deve-se usar agulhas e seringas descartáveis. Se tais itens descartáveis não estiverem disponíveis, as amostras de sangue não devem ser tomadas.

Uma abordagem multidisciplinar é essencial para o planejamento, implementação e acompanhamento de qualquer estratégia de controle. O pessoal responsável pela vigilância médica dos trabalhadores deve manter-se informado sobre as avaliações de riscos realizadas no local de trabalho e sobre as exposições observadas em processos ou operações específicas. Por outro lado, os higienistas ocupacionais devem ser informados sob condições anormais observadas pelos departamentos de saúde.

Referências para o Capítulo 8

Fatusi, Erbabor, G. (1996). Occupational health status of sawmill workers in Nigeria. *Journal of theRoyal Society of Health* 116(4):232-236.

Han, D. H. (2000). Correlation of fit factors for quarter respirators and facial size categories. *Annals of Occupational Hygiene* 44(3) (In press).

Howie, R. M. (1995). Personal protective equipment. In *Occupational Hygiene* (Harrington and Gardiner, editors), pp 404-416. Blackwell Science, Oxford, UK. ISBN 0-632-03734-2.

HSE (1998). *The Selection, Use and Maintenance of Respiratory Protective Equipment – A PracticalGuide*, HSG 53. Health and Safety Executive, UK. ISBN 0-7176-1537-5.

HSE (1999). *Selection of Suitable Respiratory Protective Equipment for Work with Asbestos*, INDG 288. Health and Safety Executive, UK.

ILO (1997). *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety.* International Labour Organization, 1211 Geneva 22, Switzerland. ISBN 92-2-109203-8.

NIOSH (1987). *Guide to Industrial Respiratory Protection,* Bollinger N, Schutz RH. DHHS(NIOSH) Publication 87-116. National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, OH, USA.

NIOSH (1996). *NIOSH Guide the Selection and Use of Particulate Respirators Certified under 42CFR84*, Bryant J, Ruch W. DHHS(NIOSH) Publication 96-101 National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, OH, USA.

OSHA (1998). OSHA Standard on Respiratory Protection, Title 1910, Code of Federal Regulations, Part 1910.134. *Federal Register* 63(5):1270-1300 (January 8, 1998).

WHO (1996a). *Biological Monitoring of Chemical Exposure in the Workplace* – Volume 1 and Volume 2. World Health Organization, Geneva, Switzerland.

WHO (1996b). *Screening and Surveillance of Workers Exposed to Mineral Dusts*, Wagner GR. World Health Organization, Geneva. ISBN 92-4-154498-8.

CAPÍTULO 9
ORDEM E LIMPEZA E ASSUNTOS RELACIONADOS

9.1 Ordem e limpeza adequados

As medidas de controle incluem tudo o que detém a contaminação de ser disseminada. Uma importante medida complementar é a ordem e limpeza adequadas o que inclui manutenção do local de trabalho limpo, controle do resíduo, limpeza de derramamentos e manutenção.

Ordem e limpeza precárias podem levar à disseminação da contaminação e à exposição desnecessária, que pode ocorrer longe da fonte de risco, através da inalação da poeira novamente suspensa. Se a substância é depositada sobre superfícies, o contato com a pele e a ingestão também tendem a ser importantes. Por exemplo, nas operações de enchimento de sacos, a exposição individual à poeira está intimamente relacionada às práticas de trabalho, incluindo o nível de limpeza no entorno do processo. Uma operação bem planejada irá prevenir a liberação de ar contaminado com poeira. Entretanto, se o sistema é operado além de sua capacidade normal, existirão derramamentos inevitáveis e as exposições aumentarão. A Seção 8.1 discutiu a influência das práticas de trabalho sobre a exposição à poeira na abertura de sacos.

A administração e os trabalhadores deveriam dar à ordem e limpeza uma prioridade alta para, que o local de trabalho fosse mantido o mais limpo possível em todos os momentos. Deve ser lembrado que:

- um local de trabalho sujo e desarrumado demonstra baixa prioridade dada pela administração a práticas de trabalho cuidadosas, e cria uma atitude de descuido na força de trabalho;
- vazamentos ou derramamentos, se não forem cuidados imediatamente, podem contribuir apreciavelmente para a contaminação do ar, incluindo a re-suspensão da poeira depositada;
- contaminação de superfícies, visível ou não, pode ser a principal fonte de ingestão e contaminação pela pele, conduzindo à absorção ou a enfermidades da pele.

As seguintes práticas deverão encorajar a ordem e limpeza adequadas.

- Instrumentos de limpeza, absorventes, etc., deverão estar facilmente disponíveis, inspecionados e repostos freqüentemente.
- Limpeza de derramamentos deverá ter prioridade elevada.
- Tarefas de ordem e limpeza deverão ser consideradas como parte do trabalho – uma atitude "limpe enquanto estiver executando seu trabalho [clean as you go] – ao invés de fazer as tarefas de limpeza somente ao terminar o trabalho. Os trabalhadores deverão ser responsáveis por manter limpas suas próprias áreas de trabalho.
- Como respaldo ao item anterior, mas não substituindo-o, os procedimentos de manutenção também deverão incluir verificação sobre ordem e limpeza.
- A limpeza das áreas de trabalho, e todas as práticas acima, deverão ser avaliadas e encorajadas pela administração durante inspeções do local de trabalho.

Dufort e Infante-Rivard (1999) fornecem uma lista de verificação para inspecionar a ordem e limpeza na indústria de produtos manufaturados, ilustrando como esse sistema fornece uma pontuação que pode ser usada para incentivar a força de trabalho.

Freqüentemente os derramamentos são uma fonte de exposição. A prevenção deverá ser a primeira prioridade, mas métodos de limpeza adequados deverão estar disponíveis, caso um derramamento venha ocorrer. A varrição a úmido freqüentemente é proposta para minimizar o levantamento de poeira e a subseqüente contaminação do ar. Ar comprimido e varrição a seco não deverão ser usados para remover poeira assentada porque essas práticas dispersam novamente no ar grande quantidade de poeira. Isso é particularmente perigoso se a poeira contém ingredientes perigosos ou nocivos, tais como, sílica livre ou chumbo.

Os sistemas a vácuo são melhores. Aspiradores a vácuo portáteis podem ser usados se a eficiência de filtração do elemento purificador for adequada para o material a ser removido. Se o saco estiver rasgado, ou se a unidade de filtração estiver ausente, o limpador a vácuo se transformará num gerador de aerossol, dispersando uma nuvem de poeira no ambiente de trabalho. Se a unidade de filtração não for eficaz para partículas muito pequenas (o que é verdadeiro para aspiradores a vácuo domésticos típicos), a situação pode ser até mais perigosa visto que, embora a nuvem não possa ser visível, as partículas pequenas liberadas serão mais facilmente inaladas e geralmente poderão constituir uma proporção maior de partículas respiráveis.

Procedimentos para prevenir o espalhamento da contaminação podem incluir a descontaminação no final da jornada de trabalho. Assim toda roupa e todos instrumentos de trabalho contaminados são deixados no interior de áreas segregadas claramente definidas. Os trabalhadores podem ter que passar através de uma instalação de descontaminação corretamente construída. Os dispositivos de controle poderão incluir a necessidade de se tomar banho ou fazer ablução abrangente antes que o trabalhador seja autorizado a vestir a roupa normal. Processos nos quais são manuseadas poeiras particularmente tóxicas podem precisar desse tipo de arranjo.

9.2 Armazenamento

É enganoso assumir que salas de armazenamento são áreas livres de perigos. Especialmente se a ventilação for deficiente (que freqüentemente é o caso) pode haver a formação de contaminantes atmosféricos em concentrações perigosas. Dependendo dos materiais ou produtos armazenados, o risco à saúde resultante pode ser elevado. Pode acontecer de os agentes nocivos na forma gasosa serem liberados a partir de materiais pulverulentos. Por exemplo, cloreto de vinila (não polimerizado) pode ser liberado durante o armazenamento de PVC granulado; óxidos de nitrogênio podem ocorrer em silos que armazenam grãos. Isso tem relevância porque um trabalhador que entra em uma área onde estão armazenados somente materiais sólidos poderia estar usando somente máscara para poeira, que não é efetiva para contaminantes gasosos. A menos que a área de armazenamento seja bem ventilada, deverão ser tomadas precauções adequadas ao se entrar, particularmente se os produtos químicos que podem ser liberados têm uma ação rápida ou têm valores teto para níveis de exposição permitidos.

Ventilação exaustora intermitente, a ser ligada algum tempo antes da entrada na área de armazenamento, pode ser uma solução. Se equipamento de proteção individual tiver que ser usado, ele deve ser adequado para os gases que podem estar presentes.

É essencial, tanto por razões de saúde como de segurança, que o armazenamento de matérias primas ou produtos químicos seja feito em lugares apropriados e em recipientes adequados. Os recipientes deverão ser preferencialmente inquebráveis, não ter vazamentos ou ter tampas bem ajustadas, e serem mantidos fechados, exceto quando os materiais estivessem sendo usados. A concepção do recipiente e da prática de trabalho deveria ser de tal forma que fossem evitados derramamentos durante a remoção dos materiais.

Sempre que produtos químicos forem estocados, deve-se dar atenção especial para a possibilidade de reações químicas acidentais, por exemplo, cianetos e ácidos nunca deveriam estar estocados no mesmo lugar.

9.3 Rotulagem

A rotulagem de qualquer recipiente que contenha um agente químico é de máxima importância. Várias autoridades legais ou agências têm exigências específicas para a rotulagem de materiais fornecidos para o local de trabalho, transportados ou produzidos. Entretanto, onde esse não for o caso, a administração deverá assegurar através de uma política de aquisições que os materiais adquiridos estivessem adequadamente rotulados.

Todos os responsáveis deverão estar familiarizados com as precauções que se aplicam aos seus locais de trabalho e compreender o significado dos rótulos. Os rótulos deverão indicar, de forma clara e em linguagem perfeitamente compreensível aos usuários, o grau de toxicidade do produto químico em questão, as possíveis vias de exposição, os principais sintomas resultantes das exposições excessivas, os perigos de incêndio e explosão, as possíveis reações perigosas, as principais precauções para o uso e os procedimentos de primeiros-socorros no caso de exposição excessiva ou ingestão. Símbolos adequados (e.g.

chama, líquidos corrosivos, explosivos, etc.) e outras mensagens visuais nos rótulos são muito importantes, especialmente se existem trabalhadores iletrados.

Materiais tóxicos ou reativos nunca deverão ser distribuídos em recipientes não rotulados, e em quaisquer recipientes antigamente usados para produtos alimentícios.

Rotulagem de equipamento de proteção individual é uma salvaguarda contra seu uso impróprio, por exemplo, a rotulagem ajuda a prevenir o uso de um dispositivo de proteção respiratória planejado para proteger de poeiras e fumos, numa situação de trabalho onde também existe exposição a gases ou vapores.

9.4 Sinais de advertência e áreas restritas

Sinais de advertência e precaução são indispensáveis para áreas onde existem riscos potenciais. Eles deverão transmitir uma mensagem clara, facilmente compreensível pelos trabalhadores, mesmo os iletrados, ser tão pictóricos quanto possível e localizados adequadamente em áreas visíveis e bem iluminadas. Educação e treinamento dos trabalhadores são necessários (Seção 8.2) e os sinais visuais deverão ser considerados como lembretes.

Certas áreas, por exemplo, aquelas onde se devem usar óculos de segurança ou respiradores, exigem sinalizações permanentes. Em outras situações, por exemplo, quando manutenção estiver sendo realizada ou quando um derramamento de material perigoso tiver ocorrido, são usadas sinalizações temporárias.

Pode haver a necessidade de áreas restritas, por exemplo, onde são manuseados materiais altamente tóxicos, radioativos ou carcinogênicos. Tais áreas deverão ser bem definidas, mantidas sob pressão negativa, e claramente indicadas com sinalizações de advertência adequadas. Os trabalhadores somente deverão entrar em tais áreas se estiverem usando proteção individual altamente eficiente. Além disso, eles deverão receber previamente instrução adequada sobre práticas de trabalho seguro e sobre o uso de proteção individual requerida (Seção 8.4). Vigilância médica cuidadosa também é necessária.

Pode ser que um processo ou uma substância seja particularmente difícil de ser controlado(a) na fonte, mas, ao mesmo tempo, pode ser que exista pouca necessidade de que o operador esteja constantemente presente. Se for muito difícil controlar a contaminação em certas áreas do local de trabalho, uma forma efetiva de reduzir a exposição dos trabalhadores é isolar as áreas de concentrações mais elevadas e impedir a entrada dos trabalhadores, exceto se estiverem rigorosamente protegidos. Operadores que somente necessitam assegurar que o processo está funcionando normalmente, estarão bem protegidos somente se permanecerem nas zonas protegidas especialmente construídas para esse fim (com acesso de ar somente a partir de áreas limpas). Tais zonas protegidas também servem para proteger contra outros fatores de risco presentes no local de trabalho, e.g., ruído ou temperaturas extremas. Salas de controle e zonas protegidas podem até mesmo ser construídas distantes da instalação principal, com operações sendo monitoradas por câmeras de televisão em circuito fechado.

Naturalmente, se uma sala de controle é bem projetada e confortável, é mais provável que o operador permaneça dentro do espaço protegido e não seja tentado a entrar em áreas de exposições elevadas. No caso de falhas na instalação, o operador deveria estar munido de equipamento de proteção individual e completamente treinado para usá-lo. Essa abordagem tem-se mostrado efetiva na indústria da mineração a céu aberto, incineração de resíduos sólidos e terminais de grãos mecanizados. Outro exemplo no mesmo estilo é o desenvolvimento de cabines de ar limpo sobre colheitadeira de grãos, mas, nesse caso, a eficiência de filtração precisa ser monitorada.

Elementos administrativos e gerenciais são aspectos muito importantes para a estratégia de controle, especialmente quando existe a possibilidade de exposição residual após terem sido aplicadas outras medidas de controle. Deverão ser adotados procedimentos para segregar e indicar áreas perigosas, tornar obrigatório o uso de equipamento de proteção individual, assegurar que a ordem e limpeza estejam dentro dos padrões e que os controles de engenharia sejam usados e funcionem corretamente.

Referências para o Capítulo 9

Dufort, V. M.; Infante-Rivard, C. (1999). Measuring housekeeping in manufacturing industries. *Annals of Occupational Hygiene* 43(2):91-97.

CAPÍTULO 10
PROTEÇÃO AMBIENTAL

10.1 Questões gerais

A proteção à saúde dos perigos e fatores de risco relativos ao local de trabalho não pode ser isolada da proteção do ambiente geral. Estratégias adotadas no local de trabalho deveriam assegurar que o controle não é empreendido às custas da poluição mais ampla. Isso inclui emissões do processo para o ar, cursos de água e solo. O exame completo deste tópico está além do escopo deste manual. Entretanto, alguns princípios são aqui delineados e algumas fontes de informação adicionais são sugeridas na Seção 10.3.

A gestão de riscos adequada exige que as ações pertinentes ao local de trabalho e ao ambiente geral sejam planejadas e coordenadas conjuntamente. Não existem apenas áreas sobrepostas, mas, na maioria das situações, o sucesso de uma está interligado ao sucesso da outra. Por exemplo, a remoção de poeira perigosa ou nociva freqüentemente irá resultar em resíduo pulverulento, que deve ser descartado, e as conseqüências disso devem ser consideradas no planejamento inicial.

Pela sua definição, o ambiente abrange "Todos os fatores (vivos e não-vivos) que de fato afetam um organismo individual ou população em qualquer momento do ciclo de vida" (Botkin e Edward, 1998). Embora a proteção da saúde e do bem estar humano seja um dos principais focos da proteção ambiental, existe a necessidade de uma abordagem sistêmica para as questões ambientais de forma que quaisquer medidas de proteção adotadas irão ajudar a manter todo o sistema ambiental e não apenas compartimentos individuais. O principal objetivo da proteção ambiental é minimizar os impactos dos contaminantes sobre o ambiente como um todo.

Em relação à poeira suspensa no ar, os efeitos causados por sua presença incluem os seguintes:

- **Saúde.** Os efeitos à saúde discutidos no Capitulo 2 podem se aplicar a uma população mais ampla, que irá incluir grupos mais vulneráveis como aqueles com doenças pulmonares crônicas, crianças e idosos.

- **Propriedades atmosféricas.** Poeira suspensa no ar reduz a visibilidade e esse efeito das fontes de poluição pode se estender por centenas de quilômetros ou mais. O clima local pode ser afetado através dos efeitos sobre a radiação, a nucleação de nuvens e a química da precipitação. As partículas mais finas, como aquelas que passam através das instalações de retenção, provavelmente são as mais importantes nesses processos. (Willeke e Baron, 1993).
- **Efeitos sobre materiais.** A deposição de poeira pode descolorir ou riscar edifícios ou estruturas deixando-os com má aparência. O mais importante ainda, suas durabilidades podem ser afetadas por processos químicos causados pela poeira, particularmente componentes ácidos. Essa deterioração é clara nas cidades onde ainda perduram edifícios antigos ou medievais. Por exemplo, o exterior da catedral de Colônia, Alemanha, tem sido afetada por poluentes do ar (Luckat, 1993)
- **Efeitos sobre a vegetação e animais.** Os efeitos da poeira sobre a vegetação incluem os efeitos diretos causados pela deposição da poeira em plantas, e efeitos indiretos relacionados ao acúmulo de poeira no solo e subseqüente absorção. Poeiras de fornos de cimento, fluoretos, partículas contendo chumbo, fuligem, óxido de magnésio, óxido de ferro e poeiras de fundição estão entre aquelas mais comumente citadas em relação aos seus efeitos prejudiciais sobre a vegetação e, em casos severos, os efeitos locais podem ser óbvios. Os efeitos podem incluir perda ou acúmulo de poluentes na safra, perda da amenidade e danos ao ecossistema de outros organismos que dependem das plantas. Algumas vezes os animais podem ser envenenados através da pastagem em áreas com plantas poluídas: um exemplo é a fluorose no gado próximo a obras com tijolos.
- **Efeitos decorrentes do armazenamento e disposição de resíduo.** Materiais pulverulentos podem ser dispersos novamente no ar durante a disposição e esta pode resultar, por exemplo, na exposição dos trabalhadores que lidam com resíduos ou na poluição do solo e da água.

10.2 Estratégias

Desde que o controle dos riscos relativos ao local de trabalho não pode ser isolado dos problemas ambientais, a maioria dos princípios de gestão discutidos no Capítulo 3 e as considerações do Anexo II também se aplicam à proteção ambiental. O planejamento de processos e a consideração do impacto global são extremamente importantes, porque o controle de riscos "a posteriori" é ainda mais difícil do que somente no contexto do ambiente de trabalho. A classificação de um processo de risco apresentada na Tabela 5.1 também pode ser útil ao se considerar estratégias para a proteção ambiental. Resumidamente, alguns conceitos importantes são os seguintes:

Fonte. Se todos os compartimentos ambientais são considerados, então a movimentação de materiais perigosos ou nocivos para o ar ou água do ambiente externo, ou para aterros sanitários são medidas insatisfatórias. A disposição final de produtos que contenham subs-

tâncias perigosas ou nocivas, talvez em alguns anos, no futuro, também deva ser considerada. Essas considerações tornam ainda mais vantajoso controlar pela mudança do processo ou do produto de tal forma que materiais perigosos ou nocivos não sejam usados, ou, se isso for impossível, pela substituição por materiais menos perigosos ou nocivos. O planejamento do processo também é importante para minimizar a geração de resíduos.

Via de transmissão. O problema da disposição de materiais perigosos ou nocivos coletados em filtros ou outras instalações de retenção já foi mencionado. Também deve ser considerado o problema da lama aquosa resultante de processos úmidos, e os possíveis aditivos perigosos ou nocivos usados na água.

Receptor. O receptor a ser considerado não é apenas o trabalhador, mas também o resto da população, plantas e animais, como já foi mencionado.

10.3 Informações adicionais

Além dos textos já comentados, os seguintes podem ser úteis.

Ciência e tecnologia ambiental geral: Manahan (1997).
Controle integrado da poluição: Welch (1998), Woodside e Kocurek (1997).
Disposição de resíduo: Maltezou et al. (1989).

Referências para o Capítulo 10

Botkin, D. B.; Edward, A. K. (1998). *Environmental Science*, 2nd Edition. John Wiley & Sons. ISBN 0-471- 157821.

Luckat, S. (1973). Über die Einwirkungen von Luftverunreinigungen auf die Bausubstanz des Kölner Domes. Teil I. *Kölner Domblatt* 36/37, S. 65/74.

Maltezou, S.; Biswas, A. K.; Sutter, H. (1989). *Hazardous Waste Management.* ISBN 1-85148-027-7. Manahan SE (1997). *Environmental Science and Technology,* CRC Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, USA. ISBN 1566702135.

Manahan, S. E. (1997). *Environmental Science and Technology,* CRC Lewis Publishers, Boca Raton,

Florida, USA. ISBN 1566702135.

Welch, T. E. (editor) (1998). *Moving Beyond Environmental Compliance: A Handbook for Integrated Pollution Prevention with ISO 14000,* Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, USA. ISBN 1-56670-295-X.

Willeke, K.; Baron, P. A. (editors) (1993). *Aerosol Measurement: Principles, Techniques and Application*, Van Nostrand Reinhold. ISBN 0-471-284068.

Woodside, G.; Kocurek, D. (1997). *Environmental, Safety and Health Engineering.* John Wiley, New York, USA. ISBN 0-471-10932-0.

CAPÍTULO 11
FONTES DE INFORMAÇÃO

Uma abundância de informações está disponível sobre os possíveis riscos relacionados a processos e operações de trabalho, os efeitos à saúde associados e as técnicas de prevenção e controle. É importante que todos os responsáveis pelo controle dos riscos à saúde no trabalho conheçam onde essa informação está disponível[5] e como ter acesso continuado a ela, uma vez que se trata de um campo dinâmico onde constantemente surgem novos conhecimentos.

O objetivo desta capítulo é apresentar exemplos de fontes disponíveis de informação relativas à exposição à poeira, sua prevenção e controle.

11.1 Agências internacionais

A colaboração internacional pode ser muito valiosa na promoção, fornecimento ou facilitação do acesso à informação pertinente. As agências internacionais têm um papel muito importante a desempenhar a esse respeito, assim como na cooperação técnica para desenvolver e fortalecer capacidades nacionais nesse campo. Esta seção apresenta exemplos de agências internacionais que podem ser capazes de fornecer informação a respeito de possíveis riscos ocupacionais, prevenção e controle dos mesmos.

11.1.1 Organização Mundial da Saúde (OMS)

O objetivo final da Organização Mundial da Saúde [*World Health Organization – WHO*] é "o alcance do mais alto nível de saúde que seja possível por todas as pessoas". A Unidade de Saúde Ocupacional da OMS tem um componente de higiene ocupacional cujos objetivos incluem a promoção mundial da prevenção e controle de riscos no ambiente de

[5] Nesta tradução, comparativamente com o texto original, foram atualizadas várias referências a nomes de organizações e respectivos endereços, inclusive os eletrônicos. Entretanto alguns deles não existem mais e não foi possível identificar novos endereços equivalentes. Em relação aos nomes de organizações, com exceção das agências internacionais, foram mantidos os nomes originais para facilitar buscas posteriores nas páginas da Internet.[Nota do tradutor]

trabalho através de tecnologias apropriadas e também considerando a proteção ambiental e o desenvolvimento sustentável. A Unidade promove a colaboração internacional e o intercâmbio de conhecimento técnico e científico sobre higiene ocupacional entre os países ao redor do mundo, com a visão de diminuir as desigualdades amplas e freqüentes neste campo.

A OMS colabora estreitamente com outras organizações internacionais relevantes, e também com um número de associações profissionais internacionais e nacionais, incluindo a *International Occupational Hygiene Association (IOHA)* [Associação Internacional de Higiene Ocupacional] e a *International Commission on Occupational Health (ICOH)* [Comissão Internacional em Saúde Ocupacional]. Elas são organizações não-governamentais com relações oficiais com a OMS.

Para melhor coordenar as atividades no âmbito do país, a OMS tem seis escritórios regionais, cobrindo as seguintes regiões: África (AFRO); Américas (OPAS/AMRO); Mediterrâneo Oriental (EMRO); Europa (EURO), Sudeste Asiático (SEARO) e Pacífico Ocidental (WPRO).

Página na Internet: http://www.who.int
Endereço: 20, Avenue Appia, 1211 Geneva 27, Swtzerland
Fax: +41-22-791-0746
E-mail (para publicações): publications@who.int

Uma importante agência da OMS é a ***International Agency for Research on Cancer (IARC)*** [Agência Internacional para Pesquisa sobre o Câncer]. Suas publicações incluem as Monografias IARC sobre Avaliação de Riscos Carcinogênicos para Humanos, que cobre diferentes setores da indústria (e.g., borracha, têxtil, madeira), ou tecnologias industriais específicas (e.g. soldagem) ou produtos químicos/grupos de produtos químicos (e.g., sílica, cromo, níquel).

Página na Internet: http://www.iarc.fr
Endereço: 150 Cours Albert Thomas, F-69372 Lyon Cédex 08, France;
Telefone: +33-4-72.738.485 Fax? +33-4-72.738.575

11.1.2 Organização Internacional do Trabalho (OIT) [International Labour Office (ILO)]

Informações gerais sobre a OIT podem ser encontradas na página da Internet da OIT (veja abaixo). Assim como as principais publicações da OIT, ela está disponível em inglês, francês e espanhol.

Uma das principais funções da OIT tem sido o desenvolvimento de padrões internacionais sobre assuntos relativos ao trabalho e questões sociais, a fim de estabelecer a ação necessária no âmbito nacional assim como assistir e encorajar empregadores e trabalhadores a assumirem suas respectivas responsabilidades. Os padrões da OIT estão enunciados na forma de Convenções e Recomendações que definem os padrões mínimos nas áreas do trabalho social, e aproximadamente 50% desses instrumentos dizem respeito direta ou indiretamente a questões de segurança e saúde no trabalho.

As Convenções são comparáveis a tratados internacionais multilaterais e, uma vez ratificados por um país, tornam-se obrigações legais. Eles exigem leis e regulamentações nacionais para estabelecer as medidas necessárias no âmbito nacional, e também definem as obrigações tanto de empregadores como de trabalhadores. As recomendações têm a intenção de oferecer diretrizes para a ação e, freqüentemente, uma recomendação específica irá desenvolver as cláusulas da Convenção que trata do mesmo assunto. Por exemplo, a *Convenção nº 155 – Segurança e Saúde e o Ambiente de Trabalho* – é acompanhada pela Recomendação Nº 164, que estabelece a adoção de uma política nacional de segurança e saúde no trabalho e descreve as ações necessárias nos âmbitos nacional e do empreendimento para promover a segurança e saúde no trabalho e melhorar o ambiente de trabalho.

Orientação adicional é fornecida através dos Códigos de Prática da OIT[6]. Eles fornecem orientação para aqueles que se ocupam com a estruturação de programas de segurança e saúde no trabalho. Abrangem tanto setores específicos da atividade econômica (por exemplo: mineração, agricultura, silvicultura, construção naval, fero e aço, construção e trabalhos públicos) como fatores de risco particulares (por exemplo: radiação ionizante, contaminantes atmosféricos, amianto). Um código de Práticas sobre fatores ambientais está em preparação[7], e irá substituir alguns dos códigos de tema único relevantes para a higiene ocupacional, abrangendo não apenas fatores de riscos químicos, mas também fatores de risco físicos, incluindo radiação ionizante.

A convenção "Produtos Químicos" (nº 170) [*Chemicals Convention*], que pode fornecer um modelo para as medidas nacionais, também é relevante para a higiene ocupacional e está apoiada pelo código de prática *Safety in the use of chemicals at work* [Segurança no uso de Produtos Químicos no Trabalho], 1998 (ISBN 9-2-108006)[8].

Informações adicionais sobre essas publicações podem ser encontradas no Catálogo de publicações da OIT sobre segurança e saúde no trabalho, 1998 (ISBN 92-2-109552-5)

Páginas na Internet:
Geral, em Inglês, Francês e Espanhol: http://www.ilo.org
Convenções, recomendações e códigos de práticas:
http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/standard.htm
Higiene Ocupacional:
http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/publicat/iloshcat/hygiene.htm

Endereços (de interesse para higiene ocupacional):
Occupational Safety and Health Branch (SEC HYG), International Labor Office, 4 route des Morillons, 1211 Geneva 22, Switzerland
Telephone: + 41 22 799 6716 Fax: +41 22 779 6878
Email: sechyg@ilo.org
Email para perguntas gerais sobre publicações: pubvente@ilo.org

---

6 Os códigos de prática da OIT estão disponíveis para download gratuito na página da Internet http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cops/english/index.htm

7 Este código já foi elaborado e publicado pela OIT e está disponível para *donwload* gratuito na página da Internet – http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cops/english/download/e000009.pdf [Nota do tradutor]

8 Disponível em http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cops/english/download/e931998.pdf

Centro Internacional de Informação sobre Segurança e Saúde no Trabalho (CIS)

O CIS [*International Occupational Safety and Health Information Centre*] é um serviço da OIT em Genebra, dedicado à coleta e disseminação de informação sobre assuntos de segurança e saúde no trabalho, com o objetivo principal de prevenir acidentes e doenças relacionadas ao trabalho. Ele é assistido em seu trabalho por mais de 120 instituições nacionais (seus Centros Nacionais[9] e Colaboradores) que tratam de assuntos de segurança e saúde no trabalho em seus próprios países. A base de dados do CIS cobre os seguintes tipos de documentos relacionados à segurança e saúde no trabalho:

- Legislação, recomendações e diretivas;
- Fichas de Segurança de Produtos Químicos;
- Materiais e métodos de treinamento; recursos audiovisuais;
- Bases de dados informatizadas,páginas na Internet, módulos de treinamento multimídia;
- Artigos em periódicos científicos, técnicos e médicos;
- Relatórios de pesquisa, códigos de prática, folhetos de explicação técnica;
- Livros didáticos; monografias destinadas a audiências especializadas e populares.

O CIS edita bimestralmente um resumo da literatura mundial *Safety and Health at Work: ILO-CIS Bulletin*. Veja a Seção 11.5.1 abaixo.

Página na Internet: http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/
Endereço: International Occupational Safety and Health Information Centre (ILO-CIS), CH-1211 Geneva 22, Switzerland
Telefone: +41 22 7999 6740; Fax: +41 22 799 8516
E-mail: cis@ilo.org

11.1.3 Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA)

O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) [*United Nations Environment Programme (UNEP)*] proporciona liderança e encoraja parceiros a preservar o ambiente e, dessa forma, capacita nações e pessoas a melhorarem suas qualidades de vida sem comprometer as das futuras gerações.

Página na Internet: http://www.unep.org/
Endereço: UNEP, P O Box 30552, Nairobi, Kenya
Telefone: +254 2 62 12 34; Fax: +254 2 22 68 86

A Divisão de Tecnologia, Indústria e Economia do PNUMA [*UNEP Division of Technology, Industry and Economics (UNEP/TIE)*] trabalha com tomadores de decisão no governo, nas autoridades locais e na indústria para desenvolver e adotar políticas e práticas que são mais limpas e mais seguras, tornam eficiente o uso de recursos naturais, asseguram a gestão

[9] A Biblioteca da FUNDACENTRO é o centro colaborador do CIS no Brasil.

adequada de produtos químicos, incorporam os custos ambientais e reduzem a poluição e os riscos para seres humanos e meio-ambiente.

A UNEP/TIE tem várias unidades com responsabilidades relevantes para a higiene ocupacional. A Unidade de Produtos Químicos [*Chemicals Unit*] promove o desenvolvimento sustentável através da catalisação de ações globais e construindo capacidades nacionais para a gestão racional de produtos químicos e para a melhoria da segurança química mundial. A Unidade de Economia e Comércio [*Economics and Trade Unit*] promove o uso e a aplicação de instrumentos de avaliação e de incentivo para a política ambiental e auxilia na melhoria da compreensão das vinculações existentes entre comércio e meio ambiente e do papel de instituições financeiras na promoção do desenvolvimento sustentável. A Unidade de Produção e Consumo [*Produtction and Consumption Unit*] encoraja o desenvolvimento de padrões de produção e consumo mais limpos e seguros para aumentar a eficiência no uso de recursos naturais e reduzir a poluição. O Programa Produção Mais Limpa [*Cleaner Production Programme*] promove estratégias preventivas integradas para o controle da poluição industrial e suas atividades de transferência de informação incluem publicações, treinamento e assistência técnica.

A Central Internacional de Informação sobre Produção Mais Limpa [*International Cleaner Production Information Clearinghouse (UNEP/ICPIC)*] dispõe de uma base de dados de estudos de casos sobre alternativas de produção mais limpas (também disponível na Internet).

UNEP/TIE Web sites: http://www.unep.fr/en/
e http://www.natural-resources.org/minerals/index.htm

Endereço: 15 rue de Milan 75441 Paris Cedex 09, France.
Telefone: +33 1 4437 1450 Fax : + 33 1 4437 1474
E-mail: unep.tie@unep.fr

Um outro programa do PNUMA é o Registro Internacional de Produtos Químicos Potencialmente Tóxicos [*International Register of Potentially Toxic Chemicals (UNEP/IRPTC)*], com base em Genebra, que opera como uma rede mundial para o intercâmbio de informação sobre segurança química. Ele desenvolve uma série de perfis de dados sobre informação científica, que são consideradas importantes para conduzir uma avaliação de risco químico, e perfis de dados sobre controles regulatórios estabelecidos relativos a produtos químicos.

Endereço: 11-13, Chemin des Anémones CH-1219 Châtelaine Geneva 10 Switzerland.
Tel: +41 22 917 8111 Fax: +41 22 797 3460
E-mail: chemicals@unep.ch
Página na Internet: www.chem.unep.ch/irptc

11.1.4. Programa Internacional de Segurança Química (IPCS)

O Programa Internacional de Segurança Química [*International Programme on Chemical Safety (IPCS)*] é um programa coordenado intersetorialmente e fundamentado cientificamente. O IPCS foi estabelecido em 1980, como um programa conjunto de três organizações de cooperação – OIT, PNUMA e OMS (a OMS é a Agência Executora). Os dois principais

papéis do IPCS são estabelecer as bases científicas para o uso seguro de produtos químicos e fortalecer recursos e capacidades nacionais para a segurança química.

As publicações feitas pelo IPCS incluem os Critérios para Saúde Ambiental [*Environmental Health Criteria*], os Guias de Saúde e Segurança [*Health and Safety Guides*] e as Fichas Internacionais de Segurança Química [*International Chemical Safety Cards*]. Exemplos dos Critérios para Saúde Ambiental [*Environmental Health Criteria*] sobre substâncias que podem ser encontradas na forma de poeiras incluem:

- metais, e.g. Chumbo Inorgânico [Inorganic Lead (nº 165:1995)]; Berílio [Beryllium (nº 106, 1990)]; Platina [Platinum (nº 125, 1991)]; Cádmio [Cadmium (nº 134 e nº 135, 1992); Manganês [Manganese (nº 17), 1981);
- fibras, e.g. Amianto e outras fibras minerais [Asbestos and Other Natural Mineral Fibres (nº 53, 1986)]; Fibras minerais sintéticas [Man-Made Mineral Fibres (nº 77, 1988)]; Fibras orgânicas sintéticas selecionadas [Selected Synthetic Organic Fibres (nº 151, 1993);
- produtos químicos diversos, e.g. Tetrabromobisfenol [Tetrabromobisphenol (nº 172: 1995)] (um retardador de chama), assim como um grande número de agrotóxicos.

Página na Internet (que inclui muito material *on-line*) http://www.who.int/ipcs/en/

11.2 Organizações nacionais

São fornecidos aqui alguns exemplos de instituições nacionais (longe de ser abrangente) que pode fornecer assistência com respeito aos problemas de controle de poeira. Outras organizações podem ser encontradas na publicação da OMS sobre centros colaboradores em saúde ocupacional [*WHO Collaborating Centres in Occupational Health*], que fornece detalhes de 52 instituições em 35 países ao redor do mundo. A lista desses centros, com os vínculos às respectivas páginas na Internet, está disponível em http://www.ccohs.ca/who/ccnew.htm.

11.2.1 National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)

O NIOSH (Instituto Nacional para Segurança e Saúde Ocupacional) é uma agência federal norte-americana [*US Federal Agency*] responsável pela realização de pesquisas e por fazer recomendações para prevenir lesões e doenças relacionadas ao trabalho. Ele produz uma ampla gama de publicações de importância internacional, incluindo muitas relacionadas a poeiras nas séries: Controle de Perigos [*Hazard Control*] e Alerta [*Alert*]. Uma lista completa pode ser buscada na página da Internet do NIOSH (veja abaixo). Várias dessas publicações estão disponíveis *on-line* e contém informação prática sobre controle. Duas delas que merecem menção especial são o Pequeno Guia do NIOSH para Perigos Químicos [*NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards*] disponível *on-line* na página http://www.cdc.gov/niosh/npg/ e o documento *NIOSH/MSHA/OSHA (1997) Sílica... It's Not Just Dust (NIOSH # 97-118)*[10].

[10] Nota do tradutor: Esta e outras publicações específicas sobre sílica cristalina podem ser encontradas na página da Internet http://www.cdc.gov/niosh/topics/silica/default.html

A agenda nacional de pesquisa ocupacional [*National Occupational Research Agenda (NORA)*] é um acordo interagências que estabelece prioridades federais de pesquisa na área. Detalhes podem se acessados na página da Internet do NIOSH.

Página do NIOSH na Internet: http://www.cdc.gov/niosh/

Endereços:
NIOSH – Washington, DC: Hubert H. Humphrey Bldg., 2000 Independence Ave. SW, Washington, DC 20201.
NIOSCH – Cincinnati: Robert A. Taft Laboratories, 4676 Columbia Parkwat, Cincinnati, OH 45226, USA.
Alice Hamilton Laboratories: 5555 Ridge Ave., Cincinnati, Ohio 45213.
NIOSH-Morgantown: 1095 Willowdale Road, Morgantown, WV 26505-2888.

11.2.2 Health and Safety Executive (HSE)

O HSE [Agência Executiva de Segurança e Saúde] é uma organização governamental britânica responsável pela saúde e segurança no trabalho (incluindo mineração). Ela produz uma ampla gama de publicações que trata de todos os aspectos. Uma lista com mecanismo de busca está disponível na página de publicações na Internet (veja abaixo) e o catálogo de publicações, que pode ser obtido gratuitamente, todos muito úteis. Documentos que podem ser consultados e a divulgação de informações estão disponíveis *on-line,* mas em geral os textos dos documentos de orientação não estão disponíveis na Internet. Existe um serviço de informação pública com uma linha direta para consultas.

Páginas na Internet:

HSE: http://www.hse.gov.uk/

Publicações: http://www.hsebooks.com/Books e http://www.hse.gov.uk/pubns/index.htm

Endereço para publicações:

HSE Books, P.O. Box 1999, Sudbury.

GB-Suffolk, CO10 6FS, UK.

Telefone: + 44 1 787 88 11 65 Fax: + 44 1 787 313995

Serviços de Informações do HSE:
HSE Information Centre: Broad Lane, Sheffield S3 7HQ, UK.
HSE Infoline: Telefone: + 44 541 545500

Algumas livrarias britânicas na Internet também distribuem uma ampla gama de publicações do HSE, como por exemplo http://www.blackwells.co.uk/ e http://www.jamesthin.co.uk/

A legislação britânica e orientação em saúde e segurança está disponível em CD-ROM pela Silver Platter – veja http://www.silverplatter.com/hlthsafe.htm.

11.2.3 Institut National de Recherche et de Securité (INRS), França

O INRS [Instituto Nacional de Pesquisa e Seguridade] tem uma série de atividades e publicações, assim como bases de dados que são relevantes para o controle da poeira. A transferência de novos conhecimentos e de instrumentos desenvolvidos recentemente é uma de suas tarefas de elevada prioridade. Um boletim listando as publicações do Instituto é editado a cada seis meses. A página na Internet fornece detalhes de muitas de suas atividades e uma lista de publicações com mecanismo de busca e resumos de muitas das publicações. Algumas partes do *site* estão disponíveis em Inglês, mas a maioria naturalmente está em Francês, incluindo o mecanismo de busca.

Página na Internet: http://www.inrs.fr/
Endereço: 30, rue Olivier Noyer, F-75680 Paris Cedex, França.
Telefone: + 33 1 40 44 30 00 Fax: + 33 1 40 44 30 99

11.2.4 National Institute for Working Life (NIWL), Suécia

O *National Institute for Working Life*[11] [Instituto Nacional para a Vida Laboral] tem a missão oficial de "buscar e estimular a pesquisa e a aprendizagem, e também de conduzir o desenvolvimento de projetos relativos ao trabalho, ao ambiente de trabalho e a relações no mercado de trabalho", de forma que sua área de atuação se estende bem além da segurança e saúde tradicional. A página na Internet do NIWL (completamente disponível em Inglês) dá acesso a listas de publicações em que se pode pesquisar. Resumos estão on-line, muitos em Inglês, e os relatórios mais recentes podem ser baixados a partir dessa página.

Página na Internet (em Inglês): http://www.arbetslivsinstitutet.se/en/

11.2.5 Canadian Centre for Occupational Health and Safety (CCOHS)

Uma tarefa importante para o CCOHS [Centro Canadense para a Segurança e Saúde Ocupacional] é fornecer aconselhamento técnico. Além de fornecer informação sobre os produtos e serviços do CCOHS, sua página na Internet é uma excelente fonte de indexação de informação de segurança e saúde disponível na Internet. Todos os meios estão disponíveis em Francês e Inglês.

Página na Internet: http://www.ccohs.ca
Endereço: 250 Main St. E., Hamilton, ON, Canadá, L8N 1H6.
Telefone: + 1 905 570 8094; Fax: + 1 905 572 2206

[11] O NIWL encerrou suas atividades em 01/07/2007. O serviço de publicações foi transferido para outras organizações. A lista completa pode ser encontrada no seguinte endereço: http://www.arbetslivsinstitutet.se/en/publications.asp (Nota do tradutor)

11.3 Organizações profissionais

As principais organizações profissionais em higiene ocupacional são os membros da **International Hygiene Association (IOHA)** [Associação Internacional de Higiene Ocupacional]. Diversas delas são muito ativas e produzem suas próprias publicações e mantêm reuniões nacionais. Algumas publicam periódicos (veja a Seção 11.5.2). Os endereços das organizações podem ser obtidos no secretariado da IOHA. Muitas dessas organizações possuem suas próprias páginas na Internet, com vínculos a partir da página da IOHA.

Página da IOHA na Internet: http://www.ioha.net/
Endereço: IOHA Secretariat, 5/6 Melbourne Business Court, Millennium Way – Pride Park, Derby, UK, DE24 8LZ.
Telefone: +44 1332 298101 Fax: +44 1332 298099

A página do CCOHS http://www.ccohs.ca (veja Seção 11.2.5) fornece vínculos para várias outras organizações profissionais e outras corporações relevantes.

Também existem inúmeras organizações relacionadas a aerossóis. Seus interesses se estendem bem além de poeiras industriais, mas alguma de suas publicações e reuniões são muito relevantes. A página da Internet da ***Aerosol Society***, que funciona na Grã-Bretanha e Irlanda, fornece vínculos para as principais sociedades mundiais. Sua página na Internet é http://www.aerosol-soc.org.uk/.

11.4 Livros, relatórios e CD-ROMs

Qualquer lista de publicações torna-se desatualizada rapidamente. Uma lista importante, que inclui observações das principais publicações e atualizada trimestralmente é o catálogo de publicação da ACGIH, que pode ser obtido na *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* [Conferência Norte-americana de Higienistas Industriais Governamentais], 1330 Kemper Meadow Drive, Cincinnati, Ohio 45240-1634, USA. As publicações e práticas norte-americanas são proeminentes nesse catálogo. Uma versão na Internet, com mecanismo de busca e com informação sobre realização de pedidos internacionais, está disponível em: http://www.acgih.org/store/ .

Como já foi mencionado (Seção 11.2), o NIOSH e o HSE publicam séries importantes de documentos de orientação e relatórios. Listas, e no caso do NIOSH, muitos textos, podem ser acessados através de suas páginas na Internet, respectivamente:

http://www.cdc.gov/niosh/pubs.html e http://www.hse.gov.uk/pubns/index.htm

Veja também a Seção 11.1 acima para relatórios feitos por agências internacionais.

Uma gama de informação em CD-ROM pode ser obtida na Silver Platter (veja Seções 11.2.2 e 11.5.1). Assim como os CD-ROMs mencionados em outras partes deste capítulo, Silver Platter produz *MSDS,* uma compilação de 70.000 fichas de segurança. Suas publicações estão listadas na página: http://www.ovid.com/site/products/tools/silverplatter.

Alguns livros e outros meios particularmente importantes estão listados abaixo. A maioria deles pode ser obtida através do catálogo da ACGIH. Livrarias na Internet são uma fonte alternativa para muitos títulos.

ACGIH (2004). *Industrial Ventilation: Manual of Recommended Practice*, 25th edition. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati, OH, USA. ISBN 978-1-882417-52-0. Também disponível em edição com unidades métricas e em CD-ROM.

ACGIH (atualizado anualmente). *TLVs and BEIs. Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents; Biological Exposure Indices*. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati, OH, USA. Também disponível (alguns anos) em Grego, Italiano, Espanhol e Português[12] e em disco. É a principal lista de limites de exposição ocupacional do mundo.

ACGIH (1999). *TLVs and Other Occupational Exposure Values*. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati, OH, USA. CD-ROM somente. (Inclui os limites propostos pelas organizações ACGIH, NIOSH, OSHA, TLVs de importância histórica, limites britânicos e germânicos, Métodos analíticos NIOSH e outras informações).

AIHA (2003). *The Occupational Environment – Its Evaluation and Control*, *2nd edition*, editado por S. R. DiNardi, American Industrial Hygiene Association (AIHA) 2700 Prosperity Avenue, Suite 250, Fairfax, VA 22031, USA. (Pode ser obtido a partir da página da AIHA na Internet http://www.aiha.org/Content , no tópico AIHA Marketplace).

Brune, D.; Gerhardsson, G.; Crockford, G. W.; D'Auria, D.; Norbäck, D. (1997). *The Workplace.Vol.1: Fundamentals of Health, Safety and Welfare.* ISBN 82-91833-00-1. *Vol. 2: MajorIndustries and Occupations.* ISBN 82-91833-00-1. ILO-CIS, Geneva, and Scandinavian Science Publisher, Oslo. Este trabalho busca integrar segurança e saúde em uma boa gestão, principalmente no contexto da legislação e prática européia.

Burgess, W. (1995). *Recognition of Health Hazards in Industry: a Review of Materials and Processes*, 2nd Edition. J. Wiley and Sons, New York, USA (Também disponível em Portugués: Identificação de possíveis riscos à saúde nos diversos processos industriais. Belo Horizonte: Ergo, 1997.). ISBN 047-1892-19X.

Burgess, W. A.; Ellenbecker, M. J.; Treitman, R. T. (1989). *Ventilation for Control of the Work Environment*. John Wiley and Sons, New York, USA.

Burton, J. D. (1997). *Industrial Ventilation Workbook*", 4th Ed. ACGIH, Cincinnati, Ohio, USA.

BOHS (1987). *Controlling airborne contaminants in the workplace*, Technical Guide No7, British Occupational Hygiene Society, Georgian House, Great Northern Road, Derby DE1 1LT, UK. (Pode ser obtido a partir de BOHS http://www.bohs.org/)

[12] Em Português, este livreto é publicado conjuntamente pela ACGIH/ABHO – Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais. Para obter informações sobre como esta publicação pode ser adquirida consulte a página da ABHO na Internet http://www.abho.com.br/. A edição de 2006 pode ser adquirido a partir da página da ACIGH na Internet: http://www.acgih.org/store/ (Nota do tradutor).

BOHS (1996). *The Manager's Guide to Control of Hazardous Substances, with 21 Case Studies*, General Guide nº 1, British Occupational Hygiene Society, Georgian House, GreatNorthern Road, Derby DE1 1LT, UK. (Pode ser obtido a partir de BOHS http://www.bohs.org/).

ILO (1997). *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety*, 4th Edition. International Labour Organisation, 1211 Geneva 22, Switzerland. (A versão em Espanhol pode ser obtida gratuitamente no site do INSHT: www.mtas.es/insht).

Swuste, P. H. J. J. (1996). *Occupational hazards, risks and solutions*. PhD thesis. Delft University Press, Delft, The Netherlands.

Vincent, J. H. (1995). *Aerosol Science for Industrial Hygienists.* Pergamon/Elsevier, Oxford, UK. (ISBN-008-042029X).

11.5 Publicações periódicas

Revistas especializadas e outros periódicos são muito importantes como fonte de informação recente. Alguns exemplos são fornecidos aqui.

11.5.1 Resumos [abstracts]

Safety and Health at Work: ILO-CIS Bulletin. Resumos da literatura mundial sobre o assunto, retirados da base de dados CISDOC (veja também OSH-ROM abaixo). Publicado seis vezes ao ano pelo ILO-CIS, com um índice a cada cinco anos. Veja a Seção 11.1.2 acima, e a página da Internet do ILO-CIS: http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/index.htm .

OSH-ROM. É um CD-ROM atualizado periodicamente que contém as bases de dados NIOSHTIC, HSELINE e CISDOC, entre outras, e também resumos da literatura mundial sobre saúde e segurança que podem ser pesquisados, incluindo itens que não sejam periódicos tais como relatórios governamentais. Pode ser obtido na Silver Platter, 100 River Ridge Drive, Norwood, MA 02062-5043, USA, ou Belmont Terrace Chiswick, London W4 5UG. Veja em: http://www.ovid.com/site/products/tools/silverplatter.

PubMed. Esta é uma base de dados *on-line* da literatura médica mundial, em que se pode pesquisar, mantida pela *US National Library of Medicine*, que inclui resumos de algumas publicações de higiene ocupacional. Veja http://www.ncbi.nlm.nih.gov./PubMed/.

11.5.2 Revistas científicas

Existem quatro revistas científicas internacionais especializadas em higiene ocupacional[13], trazendo trabalhos de pesquisa e desenvolvimento. Todos dispõem livremente *on-line* as listas de conteúdo passado e atual. Seus conteúdos também são normalmente disponíveis *on-line* para assinantes ou membros da organização patrocinadora.

[13] Atualmente existem apenas três pois o *AIHA Journal* e o *Applied Occup. Env. Hygiene* foram reunidos em apenas um: *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. [Nota do tradutor]

*American Industrial Hygiene Association Journal***.** American Industrial Hygiene Association (AIHA), 2700 Prosperity Avenue, Suite 250, Fairfax, VA 22031, USA. Livre para os membros da AIHA Página na Internet: http://www.aiha.org.

Annals of Occupational Hygiene. British Occupational Hygiene Society (BOHS), Georgian House, Great Northern Road, Derby DE1 1LT, UK. Libre para membros da BOHS. Publicado para a BOHS por Elsevier Science. Página na Internet (Elsevier; inclui conteúdo passado): http://www.elsevier.nl/inca/publications/store/2/0/1/ (BOHS; inclui artigos a serem publicados): http://www.bohs.org/.

Applied Occupational and Environmental Hygiene. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), 1330 Kemper Meadow Dr., Cincinnati, Ohio 45240, USA. Livre para membros da ACGIH. Contém extensor material para o desenvolvimento profissional e também artigos de pesquisa. Publicado pela ACGIH e por Taylor and Francis. Página na Internet: http://www.acgih.org/applied/welcome.htm.

Occupational Hygiene. Published by Gordon and Breach, e-mail: info@gbhap.com.Web: http://www.gbhap-us.com/journals/225/index.htm

Os seguintes periódicos também incluem muita informação relevante:

Cahiers de Notes Documentaires (Em Francês, resumos em Inglês). Publicado pelo INRS – Veja Seção 11.2.3.acima. Também trata de segurança.

Gefahrstoffe: Reinhaltung der Luft (Em Alemão, resumos em Inglês). Publicado por Springer-VDI-Verlag GmbH, Postfach 10 10 22, D-40001 Düsseldorf, Germany. Também trata de controles de emissão e medições ambientais.

Página na Internet: http://www.technikwissen.de/gest/index.htm.

Scandinavian Journal of Work, Environment and Health. Publicado pelos institutos de saúde ocupacional da Dinamarca, Finlândia, Noruega e Suécia. Scandinavian Journal of Work, Environment & Health, Topeliuksenkatu 41 a A, FIN-00250 Helsinki Finland. e-mail: Terja. Pehkonen@occuphealth.fi Página na Internet: http://www.occuphealth.fi/e/dept/sjweh/

Existem duas outras revistas científicas em ciência de aerossóis, que trata dos fundamentos científicos de partículas suspensas no ar.

Aerosol Science and Technology. Página na Internet: http://www.aaar.org/

Journal of Aerosol Science.
Web: http://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws_home/337/description

11.5.3 Outros recursos na Internet

Assinantes de listas de mala direta na Internet recebem mensagens enviadas por e-mail para o endereço na lista de e-mail, e eles mesmos podem enviar mensagens. Uma lista reúne pessoas interessadas em um assunto em particular, como, por exemplo, higiene ocupacional em um país ou região. É portanto um meio simples, efetivo e barato de compartilhar experiências, formular perguntas e distribuir informações.

A página do CCOHS na Internet: http://www.ccohs.ca/resources/listserv.htm fornece informações resumidas e detalhes de assinatura para muitas listas de mala direta relacionadas a segurança e saúde no trabalho.

A quantidade de informação disponível na Internet é vasta e está em expansão, embora muitos recursos como alguns periódicos *on-line*, tenham acesso mais restrito. Como foi mencionado na Seção 11.2.5, a página na Internet http://www.ccohs.ca fornece vários vínculos para recursos em saúde e segurança em todo o mundo.

Também existem muitos vínculos a páginas na Internet em segurança e saúde no trabalho e disciplinas relacionadas a partir de páginas da Duke University[14]:

http://occ-env-med.mc.duke.edu/oem/index2.htm

e na University of Edinburgh:

http://www.med.ed.ac.uk/hew/

Informações sobre tópicos especiais podem ser obtidas utilizando-se termos-chave nos mecanismos de busca na Internet e instrumentos correlatos. Uma revisão deles e de seus usos em higiene ocupacional foi publicado por Ennis (1999).

Espera-se que o uso da informação obtida na Internet continue se desenvolvendo rapidamente e associações profissionais (Seção 11.3), periódicos existentes (Seção 11.5.2) e páginas na Internet mencionadas anteriormente nesta seção provavelmente irão fornecer a melhor fonte de informação sobre esses tópicos em um futuro imediato.

[14] Os endereços que foram listados no documento original em Inglês não são mais válidos e não se conseguiu obter endereços equivalentes [Nota do tradutor]

Referência para o Capítulo 11

Ennis DE (1999). Smart searching on the World Wide Web. *Applied Occupational and Environmental Hygiene* 14(8):515-518.

ANEXO I

Lista de participantes na consulta da OMS

Sobre

"PREVENÇÃO E CONTROLE DE RISCOS NO AMBIENTE DE TRABALHO: POEIRA SUSPENSA NO AR"

Organização Mundial da Saúde, Genebra
13 – 16 de Julho de 1998

Dr Ugis **Bickis (Relator da Consulta)**

Phoenix OHC, Inc.

837 Princess St., Suite 500

Kingston, Ontario, Canada K7L 1G8

Tel: +1 (613) 544-1740

Fax: +1 (613) 544-3104

E-mail: uib@phoenix-ohc.on.ca

Dr John **Dimos**

Director, Occupational and Environmental Hygiene Services

The Great Lakes Center for Occupational and Environmental Safety and Health

The University of Illinois at Chicago

School of Public Health

2121 W. Taylor Street, M/C 922

Chicago, IL 60612-7260, USA

Voice: +1 (312) 996-9790

Fax: +1 (312) 413-7369

E-mail: jdimos1@uic.edu

Dr. J. F. **Fabriès**

Institut national de Recherche et de Sécurité (INRS)

B.P. 27

F-54501 Vandoeuvre, France

Tel: +33 (3) 83.50.20.29

Fax: +33 (3) 83.50.20.60

E-mail: fabries@inrs.fr

Dr. William A. **Heitbrink**

NIOSH

4676 Columbia Pkwy

Cincinnati, OH 45226, USA

Tel: +1 (513) 841-4376

Fax: +1 (513) 841-4506

E-mail: wah2@cdc.gov

Mr Darren **Joubert**

Mangosuthu Technikon

Department of Environmental Health

P.O. Box 12363

Jacobs 4026

Durban, South Africa

Tel: +27 (31) 907-7255

Fax: +27 (31) 907-7242

Email: Darren@julian.mantec.ac.za

Dr Staffan **Krantz**

National Institute for Working Life

Department of Work Organisation Research

S-171 84 Solna, Sweden

Tel.: + 46 8 730 – 9426 (Institute)

Fax: + 46 8 – 82 86 78

Email: Staffan.Krantz@niwl.se

Dr Ubirajara **Mattos**

Fundação Oswaldo Cruz

CESTEH/ENSP

Rua Leopoldo Bulhões, 1480

Manguinhos – 21041-210

Rio de Janeiro, RJ, Brazil

Tel.: +55 (21) 564-1050

Fax: +55 (21) 270-3219

Email: bira@manguinhos.ensp.fiocruz.br

Dr Lidia **Morawska**

Director, Environmental Aerosol Laboratory

Queensland University of Technology

2 George St

GPO Box 2434

Brisbane QLD 4001, Australia

Tel.: + 61 7 3864 2616

Fax: + 61 7 3864 1521

E-mail: l.morawska@qut.edu.au

Mr F. **Muchiri**

Directorate of Occupational Health and Safety Services

P. O. Box 34120

Nairobi, Kenya

Tel. +254 2 542 130

Fax: +254 2 544 428

E-mail: fkmuchiri@iconnect.co.ke

Dr Trevor L. **Ogden (Chairman)**

40 Wilsham Road

Abingdon

Oxfordshire OX14 5LE, UK

Tel. and Fax: +44 1 235-534380

E-mail: ogden@tcp.co.uk

Dr Nils **Plato**

Department of Occupational Health

Karolinska Hospital

S-171 76 Stockholm, Sweden

Tel.: +46 8 5177 3262

Fax: +46 8 334 333

E-mail: plato@ymed.ks.se

Mr Hannu **Riipinen**

Assistant Director

Tampere Regional Institute of Occupational Health

P. O. Box 486

Tampere, Finland

E-mail: Hannu.Riipinen@occuphealth.fi

Dr Arto **Säämänen**

Senior Research Scientist, Industrial Ventilation

VTT Automation, Safety Engineering

P.O. Box 1307

FIN-33101 Tampere, Finland

Tel.: +358 3 316 3253

Fax: +358 3 316 3782

E-mail: Arto.Saamanen@vtt.fi

Dr Paul **Swuste**

Safety Science Group

Delft University of Technology

Kanaalweg 2B

2628 EB Delft, The Netherlands

Tel.: +31 (15) 278-3820

Fax: +31 (15) 262 2235

E-mail: paul.swuste@wtm.tudelft.nl

Prof. James H. **Vincent (Co-relator)**
Chair, Department of Environmental and Industrial Health
School of Public Health
University of Michigan
109 South Observatory Street
Ann Arbor, MI 48109-2029, USA
Tel.: +1 (734)-936-0703 (Direct line)
Fax: +1 (734) 936-7283
E-mail: jhv@umich.edu

Representantes da IOHA:
Mr. Kurt **Leichnitz**
Am Waldrand 42
D-23627 Gross Groenau, Germany
Tel.: + 49-4509-1655
Fax: + 49-4509-2295
E-mail: Kurt.Leichnitz@t-online.de

Representantes da Chamber of Mines of South Africa:
Mr David **Stanton**
Group Ventilation Engineer
Anglo American Platinum Corporation Ltd.
Box 8208
Rustenburg 0300, South Africa
Tel: +27 (14) 298 1249
Fax: +27 (14) 667 1383
E-mail: dstanton@amplats.co.za

Representante da OIT:
Mr. Pavan **Baichoo**
Occupational Safety and Health Branch
International Labour Office (ILO)
4, route des Morillons
CH – 1211 Geneva 22, Switzerland
Tel.: + 41 (22) 799 6722
Fax: + 41 (22) 799 6878
E-mail: baichoo@ilo.org

Secretariado da OMS:

Sede geral

Mrs. Berenice **Goelzer (Responsible WHO Officer – Secretary)**
Occupational and Environmental Health
Protection of the Human Environment
World Health Organization
1211 Geneva 27, Switzerland
Phone: + 41 – 22 – 791 – 3483
Fax: + 41 – 22 – 791 – 4123
E-mail: goelzerb@who.ch

Dr D. H. **Schwela**
Occupational and Environmental Health
Protection of the Human Environment
World Health Organization
1211 Geneva 27, Switzerland
Phone: + 41 – 22 – 791 – 4261
Fax: + 41 – 22 – 791 – 4123
E-mail: schwelad@who.ch

Mrs. Mercy **Nortey** (secretarial support)
Occupational and Environmental Health
Protection of the Human Environment
World Health Organization
1211 Geneva 27, Switzerland
Phone: + 41 – 22 – 791 – 3721
Fax: + 41 – 22 – 791 – 4123
E-mail: norteym@who.ch

Representante da WHO/EURO:

Dr K. **Lebecki**
Associate Professor, Head of Dust Hazard Department
Central Mining Institute
Plac Gwarkow 1
40-166 Katowice
Poland
Tel.: + 48 – 32 – 581- 631 or +48 32 202 8024
Fax: + 48 – 32 – 596 – 533 or +48 32 2028 745
E-mail: pstangret@water.ise.polsl.gliwice.pl

ANEXO II

Lacunas de conhecimento e recomendações para futuras pesquisas

II.1 Fundamentação

O controle da poeira tem sido assunto de uma série abrangente de pesquisas desde o início dos anos 1900s, e existe uma ampla literatura na forma de livros, manuais, artigos de revistas científicas e, mais recentemente, mídia eletrônica como: CD-ROMs e páginas na Internet [World-Wide-Web] (veja Capítulo 11). Muito da literatura disponível está espalhada, aparecendo freqüentemente em revistas de engenharia, mas raramente lidas por higienistas ocupacionais.

Entretanto a literatura de higiene ocupacional muitas vezes enfatiza a avaliação da exposição e dos efeitos à saúde às custas das questões de prevenção e controle. Uma razão para isso é que os profissionais especializados que desenvolvem soluções inovadoras para controlar problemas raramente recebem incentivo de seus empregadores e a publicação dessas soluções representa poucas vantagens para a carreira. Até certo grau, um resultado disso (que tem sido sustentado) é que uma gama de opções de controle e técnicas atualmente disponíveis para nós têm suas raízes na ciência que vem dos anos 1950s ou antes! Mas desde essa época, a higiene ocupacional propriamente dita mudou para uma posição onde pode ser identificada uma abordagem estruturada de forma multidisciplinar e amplamente fundamentada,que inclui questões estratégicas, técnicas e gerenciais.

Considerando as observações precedentes, os participantes da Consulta da OMS (Julho de 1998) propuseram alguns princípios diretores e novas abordagens para a futuras pesquisas neste campo. Os seguintes aspectos deverão ser enfatizados:

- Controle na fonte, através do projeto adequado de equipamentos e processos de trabalho; consideração das medidas de controle como parte integral de qualquer sistema, e não apenas como uma reflexão tardia.
- Projeto de controles que levem em conta o trabalhador (interface homem-máquina), tendo como considerações essenciais as práticas de trabalho, a manutenção, a comunicação de riscos, a educação e treinamento. (Se a manutenção é ergonomicamente difícil, o desempenho do controle irá deteriorar).
- Projeto de medidas de controle que são economicamente viáveis e também têm a finalidade de preservar matérias primas e outros recursos naturais.
- Projeto de controles de baixa ou nenhuma manutenção.
- Substituição de soluções “fim de tubo” por controle na fonte, de soluções caras por soluções de baixo custo, e de soluções isoladas por uma abordagem integrada visando o controle.

A pesquisa sobre medidas de controle necessita ser interdisciplinar e deverá integrar todas substâncias, máquinas e aspectos humanos, levando-se em conta também os possíveis impactos ambientais. Existe a necessidade de uma abordagem holística sempre que se considera a prevenção e controle de riscos.

II.2 Tópicos de pesquisa

A. Estratégia de controle e desenvolvimento

1. Modelos quantitativos relacionados à exposição aos parâmetros do processo. A pesquisa nessa área irá ajudar avaliar a confiabilidade e os aspectos econômicos de mudanças de processos para melhorar os controles que estão sendo estudados, assim como, fornecer orientação sobre a coleta de informação necessária para estudos de campo sobre as exposições.
2. Estratégias econômicas e de controle. Quais são as diferentes alternativas de engenharia para minimizar os riscos e quais sãos os custos? Como podemos comparar os aspectos econômicos da prevenção [eliminação do risco] com os aspectos econômicos do controle?
3. Uso de monitoração da exposição com vídeo, dinâmica de fluidos computacionais [*computational fluid dynamics*] e outros instrumentos para investigar o comportamento dos sistemas de controle. Uso de técnicas de visualização para estabelecer práticas de trabalho adequadas, para educar trabalhadores e para modificar qualquer comportamento não seguro.
4. Em continuidade ao que foi descrito no item 3, melhoria de abordagens genéricas para controles específicos por processos e controles de engenharia para uma variedade de cenários habituais de exposição, tais como, pesagem de pós e revestimento de superfícies.

B. Minimização da exposição

1. Fundamentos da geração de poeira por sólidos. Como a forma física do sólido (grânulos, escamas, pastas, pó, distribuição por tamanho, etc.) afeta a geração de aerossol, e como isto pode ser aplicado, por exemplo, em pontos de transferência de transportador, em tratamentos de despoeiramento e no uso mais efetivo de *borrifos* ou pulverizações. Que quantidade de material processado produz a menor quantidade de poeira por kg de material processado?
2. Desempenhos de selos e encaixes no equipamento de processo para minimizar vazamentos.
3. Aplicação técnicas de revisão do Processo de Gestão da Segurança para controlar a exposição do trabalhador. (Na revisão do projeto do equipamento para prevenir perdas catastróficas, têm sido criados processos de revisão elaborados. Talvez, o mesmo tipo de revisão possa ser criado para a geração de contaminantes, de forma que os projetistas sejam encorajados a pensar sobre as escolhas de processos que afetam as taxas de geração e exposição ocupacional. Antes que as mudanças de processo sejam feitas, os

profissionais de segurança e saúde necessitam conhecer como conduzir uma avaliação de riscos que seja preditiva da exposição e como conduzir a análise de opções técnicas, de modo que sejam selecionadas as opções de processo que verdadeiramente minimizem a exposição dos trabalhadores).

4. Avaliação, com estudos prospectivos, do efeito da prevenção de fatores de risco e de esforços de minimização sobre a exposição dos trabalhadores e os custos. Esses são estudos feitos, principalmente antes e depois da implementação do controle.

5.. Relações entre interrupção do processo e exposição.

C. Desenvolvimento de medidas de controle

1. Aplicação da Dinâmica dos Fluidos Computacionais (DFC) [*Computational Fluid Dynamics (CFD)*] para projetar sistemas de ventilação local exaustora. Isso poderá ser usado como parte de um esforço para desenvolver modelos matemáticos de locais de trabalho, para predizer o efeito das mudanças no local de trabalho sobre a exposição. Modelos DFC [CFD] deverão ser desenvolvidos para vários cenários em laboratório e então ser "calibrados em campo" para processos reais. Limitações dessas técnicas analíticas também deveria ser identificadas e tratadas.

2. O uso de controladores de processo baseados em microprocessadores que, em princípio, poderão incorporar sensores e mecanismos de tomada de decisão básica para operação de sistemas de ventilação e outros controles.

3. Recirculação. Avaliação das implicações de segurança e saúde do desempenho de um purificador de ar.

4. Conservação de recursos. Avaliar os benefícios (conservação de energia, meio ambiente, economia) de várias tecnologias de controle de engenharia. Isso deverá direcionar a economia da conservação de recursos.

D. Questões gerenciais

1. Pesquisa sobre a efetividade de vários sistemas de gestão no uso proveitoso de medidas de controle, sistemas e procedimentos, incluindo, por exemplo, indicadores de desempenho para gerentes de fábricas, esquemas de incentivo para a equipe e integração de medidas no ambiente de trabalho em esquemas de qualidade do produto.

2. Desenvolvimento de programas de treinamento para higienistas ocupacionais para proporcionar nível adequado de compreensão sobre processos gerenciais, objetivos e constrangimentos.

3. Trabalho conjunto de sociedades profissionais e educadores em higiene ocupacional com outros educadores para integrar segurança de saúde ocupacional em outros currículos, em áreas como, por exemplo, administração, engenharia química e de produção, enfatizando a remoção do risco na fonte através de projeto.

E. Questões relativas a respiradores

1. Relação entre medidas antropométricas e ajuste do respirador deverão ser investigadas mais detalhadamente, abrangendo uma faixa completa de tipos étnicos.
2. No desenvolvimento de respiradores, o ideal seria a criação daquele que tivesse melhor desempenho nas condições do local de trabalho, para que reproduzissem o mesmo desempenho alcançado em laboratório.

II.3 – Comunicação e incentivos profissionais

1. Sociedades profissionais deverão encorajar a publicação de soluções de controle e estudos de caso através da:
   a. concessão de forte incentivo, por meio de seus esquemas de desenvolvimento profissional continuado, à publicação de soluções de controle ou estudos de caso por seus membros;
   b busca de patrocínio industrial para prêmios periódicos em soluções de controle desenvolvidas por higienistas ocupacionais.
2. As revistas de higiene ocupacional deverão encomendar revisões sobre a evolução de métodos de prevenção e controle, suas aplicações e gerenciamento, de forma a tornar mais amplamente conhecido o que já é disponível.
3. As instituições educacionais deverão colaborar com associações da indústria e do comércio no oferecimento de seminários e cursos de curta duração sobre questões de prevenção e controle.

ANEXO III

O processo de produção como uma fonte de risco para fins de controle[15]

III.1 Processo

Uma abordagem sistemática para soluções de controle exige a classificação de processos ou atividades que dão origem aos riscos. A classificação aqui proposta é derivada da *análise descritiva da estrutura de um processo de produção* – uma análise de projeto que basicamente fornece respostas às seguintes questões: o que tem que ser produzido? por qual método?

O fluxo de material do processo de produção é usado, como ponto de referência, para investigar a possibilidade de que outro método, que se espera ser menos perigoso, possa ser usado para alcançar os mesmos resultados de produção (Kroonenberg e Siers, 1993; Eekels, 1987; Swuste et al, 1993). De acordo com a análise do projeto, um processo de produção compreende três níveis, denominados função da produção, princípio da produção e forma da produção, os quais são inter-relacionados e organizados hierarquicamente (Tabela III-1)

Tabela III-1 – Análise de projeto

que:	FUNÇÃO DA PRODUÇÃO atividade principal
como:	PRINCÍPIO DA PRODUÇÃO processo geral fonte de energia métodos de controle operacional
pelo do uso de:	FORMA DA PRODUÇÃO projetos detalhados, máquinas medidas preventivas

A *função da produção* é o nível mais elevado e divide o processo de produção em suas atividades principais.

O *princípio da produção*, o segundo na seqüência, especifica o processo geral (e.g. alimentação a granel através de canos vs. sacos abertos e vertidos no processo), força motriz (fonte de energia) e métodos de controle operacional pelos quais a função é ou pode ser completada com êxito.

[15] Contribuição do Dr Paul Swuste, Sefety Science Group, Delft University of Technology, Kanaalweg 2-B, 2628 EB Delft, The Netherlands; tel: + 31 15 278 3820/1477; fax: +31 15 262 2235; e-mail: Paul.Swuste@wtm.tudelft.nl

A força motriz relaciona-se à fonte de energia utilizada. Os métodos de controle operacional determinam a distância do trabalhador da fonte de exposição e pode ser classificado como: direto manual, direto conduzido mecanicamente e indireto (controlado remotamente ou método automatizado). Para as operações conduzidas manual ou mecanicamente, o trabalhador está próximo da máquina ou equipamento. As operações controladas remotamente ou automatizadas aumentam a distância entre a máquina e o operador, mas não para os trabalhadores de manutenção.

O nível mais baixo é representando pela *forma de produção*, que determina como o princípio da produção é executado. Descreve os materiais, as ferramentas, as máquinas em uso e as medidas eventuais aplicadas para prevenir acidentes ou exposições.

O conceito de funções de produção está intimamente relacionado à classificação introduzida em 1936 na indústria química, dividindo o processo de produção nas então denominadas 'Operações Unitárias', assim como está mostrado na Tabela III-2 (Badger e McCabe, 1936). O pressuposto implícito das operações unitárias é que, embora o número de processos individuais seja grande, cada um deles pode ser sub-dividido em uma série de etapas que aparecem em processos após processos.

Tabela III-2 Operações unitárias

recebimento de material

estocagem de material

transporte e alimentação

processamento

embalagem

disposição do resíduo

Essas operações têm técnicas em comum e estão baseadas nos mesmos princípios científicos. O conceito de operações unitárias não é restrito à indústria química, mas tem sido usado na indústria em geral. A classificação segundo as operações unitárias é útil e está incorporada na classificação proposta de processos de produção (Shreve, 1956; Blackadder e Nedderman, 1971; Geankoplis, 1978; Hovinga e Deurloo, 1984; Ghosh e Mallik, 1986).

III.2 Funções da produção

Nas seções seguintes, a manufatura de produtos está subdividida em três funções de produção: operações de processamento; manuseio de materiais e operações de suporte. A disposição de resíduo é uma operação que contém elementos de manuseio de materiais e de processamento e está vinculada a ambos.

Operações de processamento

O processamento inclui todas as atividades onde os materiais mudam sua forma, seu estado, sua composição ou sua montagem. Isso acontece para uma faixa completa de escalas que vai de microgramas a toneladas; em unidade, batelada, produção em massa/a granel; e em departamentos que variam desde laboratórios passando por oficinas, cantinas, edifícios até departamentos e reatores químicos automatizados. Uma classificação ampla de

sub-funções (Hovinga e Deurloo, 1984; Moore e Kibbey, 1982) é apresentada sob quatro títulos:

- formatação: mudança da forma e/ou estado sem nenhuma mudança no volume;
- separação: mudança da forma ou composição com redução em volume ou divisão em várias partes;
- combinação: união ou aglutinação em um corpo ou uma substância com aumento de massa;
- tratamento de superfície: influenciando a forma micro-geométrica e a qualidade da camada superficial

Operações de manuseio

O manuseio de materiais – que abrange transporte, armazenamento e embalagem, e também os processos de alimentação de materiais e remoção de produtos, processos de manufatura (Bolz e Hgemann, 1958; Caenegem, 1979) – , pode ser subdividido como se segue:

- transporte: contínuo e descontínuo;
- alimentação/descarregamento: a interface entre transporte e processamento;
- carregamento e descarregamento, armazenamento e embalagem: sub-divididos de acordo com a forma física do produto.

Operações de apoio (e.g. reparo e manutenção)

As operações de apoio consistem em: *reparo, manutenção, substituição* e regulagem, *arrumação* e *limpeza*. Sob cada um desses tipos de operações, meios alternativos de se alcançar o mesmo resultado (ou função de produção) podem ser agrupados, permitindo portanto, em princípio, que a escolha seja feita entre alternativas diferentes, com base nos fatores de risco associados e na facilidade com que cada uma delas poderia ser controlada.

A combinação das classificações de risco e processos fornece um instrumento básico para empreender a gestão de riscos.

III.3 – Do fator de risco ao processo

Por exemplo, em uns poucos setores da indústria holandesa, acordos visando a redução de perigos e riscos ocupacionais têm sido feitos entre parceiros sociais. Substâncias tóxicas, assim como ruído e carga física de trabalho desempenham papel importante nesses acordos. Em geral, a abordagem adotada para a redução da emissão ou da exposição às substâncias tóxicas tem sido *orientada-pela-substância*; por essa razão, as possibilidades de substituição de substâncias tóxicas por outras menos tóxicas, ou a redução da transmissão e/ou propagação, ou a redução da exposição são bem documentadas. Para algumas dessas soluções, como sistemas de ventilação local exaustora ou equipamento de proteção individual, muita informação comercial está disponível. Vários formatos de fichas de seguranças de produtos químicos também têm sido introduzidos para substâncias tóxicas.

Entretanto, outras medidas de controle *orientadas-pela-fonte,* com adaptações e alterações de linhas de produção, máquinas e instalações não têm sido suficientemente desenvolvidas e somente brevemente mencionadas tanto na literatura como em acordos entre partes interessadas.

Os problemas relacionados a acidentes ou exposições a fatores de risco ocupacionais se tornam evidentes na forma de produção. Mas os cenários de acidente ou de exposição são determinados pelo princípio da produção. A experiência nos campos da ciência da segurança ou da higiene ocupacional está focada especialmente no princípio da produção. Essa experiência, possivelmente complementada com resultados quantitativos da avaliação da exposição, permite avaliar os tipos de fatores de risco e a magnitude dos riscos relacionados a um certo princípio de produção. Dessa forma, uma translação pode ser feita a partir de um certo fator de risco ocupacional ou, mais precisamente, de um cenário de acidente ou exposição, para vários indicadores de processos.

A exposição acima fornece uma descrição genérica da análise de projeto, particularmente em termos de fatores de risco abordados pela higiene ocupacional. Uma dificuldade adicional surge em novos projetos quando não existe experiência prévia para indicar que tipo de risco potencial está associado, e riscos para a segurança provavelmente surgirão em situações não usuais. Para encontrar os meios de superar esse problema, um estudo experimental foi realizado, envolvendo a combinação da análise de projetos e a técnica de análise de segurança denominada estudo HAZOP (perigo e operabilidade) . Um estudo HAZOP é uma técnica provada e bem estabelecida na indústria química para identificar possíveis desvios de processo. A técnica é aplicada durante o projeto de uma planta industrial ou durante o projeto de instalações complexas, e consiste na busca sistemática dos desvios que podem ter conseqüências prejudiciais.

Em geral, a técnica é usada durante a elaboração do projeto detalhado de engenharia de um processo ou instalação quando são preparados os diagramas de fluxo de processos (DFP), diagramas de tubulação e instrumentação (DTI) e manuais de operação. Os diagramas de fluxo de processo descrevem os principais equipamentos, juntamente com os principais fluxos e controles de processos envolvidos. São indicadas as temperaturas e as pressões de operação normal, assim como os fluxos de massa e as composições dos principais fluxos. O diagrama da tubulação e instrumentação é uma representação esquemática de todo equipamento, tubulação e instrumentação da planta industrial. Isso é um documento de trabalho básico em engenharia e construção e serve como principal referência quando os manuais de operação são preparados.

Durante a fase de engenharia detalhada, as mudanças no projeto são possíveis, mas são limitadas às possibilidades que não alteram as escolhas feitas durante a fase de elaboração do projeto básico de engenharia do processo ou instalação. Os resultados de um estudo HAZOP normalmente levam à introdução de dispositivos extras tais como válvulas, pontos de referência ou outros dispositivos de controle.

Em um levantamento na indústria do aço holandesa, um estudo HAZOP foi aplicado a uma instalação de uma acearia, usando o fluxo de material básico em vez dos DFP [PFD] e DTI

[P&ID] (Swuste et al, 1997a). Diferentemente dos estudos clássicos HAZOP, a análise de segurança não foi usada diretamente para gerar adaptações no projeto, mas para determinar possíveis cenários de acidentes. Esses cenários de acidentes foram avaliados e validados a partir dos registros de incidentes subseqüentes. Os resultados do estudo mostraram um alto valor preditivo para os cenários de acidentes e também identificou e indicou direções nas quais os resultados do estudo poderiam ser melhorados.

A técnica HAZOP se concentra no fluxo de processo perturbado, e tem se mostrado útil na geração de cenários de acidentes. Essa técnica é adequada quando se estudam instalações complexas e altamente automatizadas como, por exemplo, acearias, onde as operações são controladas remotamente e, portanto, os trabalhadores não chegam às vizinhanças das fontes de risco em condições normais de operação (fluxo de processo não perturbado). Entretanto, se o fluxo de processo é de alguma forma perturbado (e.g. trabalhadores têm que investigar uma falha no processo), a distância fonte-operador pode ser reduzida apreciavelmente e, deste modo, introduzir riscos à segurança e à saúde. Embora esse estudo tenha sido limitado à previsão de perigos para a segurança (acidentes), a mesma metodologia pode ser usada para saber sobre fatores de risco à saúde, e.g. exposição a materiais tóxicos.

III.4 Do fator de risco às soluções via processo

Quando cenários de acidente e exposição por [*per*] princípio de produção são formulados usando os resultados obtidos na análise dos projetos, a análise (tal como foi usada nos projetos descritos) também orienta a busca de soluções.

A pesquisa na indústria da construção fornece um exemplo de soluções obtidas a partir de variações sistemáticas tanto nas funções da produção, quanto nos princípios da produção (Swuste et al., 1997b). Aqui também a experiência dos campos da ciência da segurança e da higiene ocupacional é usada para indicar as conseqüências de cada variação em termos de cenários de acidente e exposição, proporcionando uma comparação mútua de diferentes soluções para o mesmo problema.

A comparação de soluções também pode incluir outros critérios, tais como os custos da solução, as exigências de manutenção, as necessidades de treinamento para os trabalhadores e outros critérios que influenciam a aceitação da solução pelas diferentes partes no âmbito das empresas. No estudo da indústria da construção, o princípio da produção contém as maiores possibilidades de variação que levam a soluções.

A mudança ou eliminação das funções da produção pode estar cada vez mais longe de alcançar conseqüências. Quando uma certa função de produção é eliminada, desaparecem automaticamente todos os perigos e riscos a ela associados. Entretanto, existem oportunidades limitadas para mudanças nas funções da produção em instalações e processos existentes.

Durante a elaboração do projeto de uma instalação, de uma linha de produção ou de uma planta industrial, as possibilidades de modificação das funções da produção são muito mais amplas. Tanto a função da produção como o princípio da produção são descrições genéri-

cas de um processo produtivo e podem, por suas naturezas, serem aplicados durante a fase de elaboração do projeto básico de engenharia, ao contrário da forma da produção (que lembra muito o estágio do DFPs [PFDs] e P&ID [DPI]). A elaboração de um projeto de engenharia é uma fase onde a análise de projeto, combinada com a experiência das áreas de segurança e higiene ocupacional e os princípios da técnica HAZOP pode, potencialmente, deixar de lado planos iniciais para cenários de acidente e exposição esperados e propor soluções diferentes e variações no projeto para eliminá-los ou controlá-los. Ao invés de aplicar essas técnicas durante a elaboração de um projeto de engenharia detalhado quando uma mudança é cara, as conseqüências de um certo projeto, em termos de cenários de acidente e exposição, podem ser previstas com antecedência durante a elaboração do projeto básico de engenharia e tratadas a tempo antes que a construção comece efetivamente.

Durante o levantamento em uma indústria de fabricação da borracha, a análise de projeto foi aplicada a um processo e tecnologia existentes e mostrou-se capaz para subdividir diferentes processos de produção em partes comparáveis (Kromhout et al., 1994; Swuste et al., 1993). Essa divisão é uma etapa necessária no planejamento de um estudo, que abrange a totalidade de um setor da indústria onde a variação no processo de produção é extensiva e dependente do tipo de bem produzido. Na indústria de fabricação da borracha, a análise de projeto não foi usada para gerar soluções sobre fatores de risco ocupacionais observados. O levantamento foi focado em um inventário das soluções e medidas de controle existentes. O estado da arte das medidas de controle foi determinado e a eficácia dessas medidas de controle foi estabelecida. As medidas de controle de interesse eram: ventilação local exaustora, a substituição de matéria prima em pó e tóxica e o uso de equipamento de proteção individual.

Os resultados desse levantamento não foram encorajadores. A quase completa ausência de soluções relacionadas à fonte, a baixa eficiência das soluções aplicadas e a substituição restrita da matéria prima em pó e tóxica mostraram que a abordagem de gestão de risco era bastante precária neste setor da indústria. Em uma avaliação de acompanhamento, cinco anos após o levantamento original, o estado da arte em medidas de controle foi determinado novamente (Swuste e Kromhout, 1996). Os resultados foram mais encorajadores. Um número crescente de soluções relacionadas à fonte tinham sido introduzidas nas empresas. Em grande parte isso foi o resultado da pressão crescente do Ministério de Assuntos Sociais e Emprego [*Ministry of Social Affairs and Employment*] e da Fiscalização de Fábricas [*Factory Inspectorate*] após o primeiro levantamento que, finalmente, levou a um acordo industrial sobre condições de trabalho e prevenção de fatores de risco ocupacionais entre parceiros sociais na indústria de fabricação da borracha.

Os dois levantamentos na indústria de fabricação da borracha mostraram a necessidade de apoio às empresas na geração de soluções e medidas de controle possíveis. As soluções são, na maior parte das vezes, escolhidas com base nas informações comerciais disponíveis ou com base nas informações fornecidas por uma organização setorial da Fiscalização de Fábricas [*Factory Inspectorate*]. Existe uma necessidade clara de informação sobre soluções que já passaram no teste da experiência. Essa necessidade não é restrita a indústria de fabricação da borracha. Iniciativas recentes têm sido tomadas para expandir a "memória

da empresa" sobre prevenção no âmbito nacional e mesmo internacional, usando bancos de informações sobre soluções. Essas iniciativas têm sido apoiadas pelos desenvolvimentos ocorridos nas exigências legais. Para assegurar o sucesso desses bancos de informações, que potencialmente podem se tornar o "estado da arte em prevenção", uma classificação é necessária, não apenas dos processos de produção, mas também da geração de risco e de soluções. Essas classificações necessitam ser aplicadas à estrutura desse banco de informações fornecendo bases para um sistema de navegação pelo qual o usuário seja orientado para soluções preferidas. Os princípios para essas classificações têm sido parcialmente praticados em projetos conduzidos para o Ministério dos Assuntos Sociais e Emprego da Holanda (Swuste el al., 1997c), para a Comissão Européia (Hale et al., 1994) e para a indústria da construção.

Referências para o Anexo III

Badger, W.; McCabe, W. (1936). *Elements of Chemical Engineering*, 2nd edition. Mc-Graw-Hill Book Company, Inc. New York.

Blackadder, D.; Nedderman, R. (1971). *A Handbook of Unit Operations*. Academic Press, London.

Bolz, H.; Hagemann, G. (1958). *Materials Handling Handbook.* The Ronald Press Company, New York.

Caenegem, R. van (1979). *Grote Winkler Prins Encyclopedie.* Elsevier, Amsterdam.

Eekels, J. (1987). *Ontwerpmethodologie: mogelijkheden en grenzen*. (Design methods: possibilities and limits). Technische Universiteit Delft.

Geankoplis, G. (1978). *Transport processes and unit operations*. Allyn and Bacon, Inc., Boston.

Ghosh, A.; Mallik, A. K. (1986). *Manufacturing Science.* Ellis Horwood Limited, Chichester.

Hale, A.; Swuste, P.; Tijmensen, B.; Pantry, S. (1994). *Collection and Dissemination of Information on Solutions for Improving Conditions at the Workplace*. Report European Union, DG V/F/2. Delft University of Technology, The Netherlands.

Hovinga, H.; Deurloo, A. (1984). *Vervaardigingstechnieken* (Manufacturing techniques). Diktaat vakgroep Werktuigbouwkunde, Technische Universiteit Delft.

Kroonenberg, H. van den; Siers, F. (1983). *Methodisch Ontwerpen* (Design methods). Vakgroep Ontwerpen Constructieleer, Technische Universiteit Twente, Enschede.

Kromhout, H.; Swuste, P.; Boleij, J. (1994). Empirical modelling of chemical exposure in the rubber manufacturing industry. *Annals of Occupational Hygiene* 38(1):3-22.

Moore, H.; Kibbey, D. (1982). *Manufacturing*. Grid Publication, Columbus, Ohio.

Shreve, R. (1956). *The Chemical Process Industry*. McGraw-Hill Books Inc., New York.

Swuste, P.; Kromhout, H.; Drown, D. (1993). Prevention and control of chemical exposures in the rubber manufacturing industry in The Netherlands. *Annals of Occupational Hygiene* 37:117-134.

Swuste, P.; Kromhout, H. (1996). Improving working conditions in the rubber manufacturing industry in The Netherlands. *Occupational Hygiene* 3:341-349.

Swuste, P.; Goossens, L.; Bakker, F.; Schrover, J. (1997a). Evaluation of accident scenarios in a Dutch steel works, using a hazard and operability study. *Safety Science* 26(1/2):63-74.

Swuste, P.; Drimmelen, D. van.; Burdorf, A. (1997b). Application of design analysis to solution generation: hand-arm vibrations in foundation pile head removal in the construction industry. *Safety Science* 27(2/3) 85-98.

Swuste, P.; Hale, A.; Zimmerman, G. (1997c). Sharing workplace solutions by solution data banks. *Safety Science* 26(1/2): 95-104.

ANEXO IV

Estudos de caso

IV.1 Objetivo

A coleção de estudos de caso tem dois objetivos, a saber:

- motivar os profissionais de saúde ocupacional a buscar soluções através da aplicação do conhecimento disponível sobre controle de poeiras e problemas reais no âmbito do local de trabalho;
- disseminar experiência útil sobre soluções de controle, promovendo portanto, a troca de experiências nessa área importante.

Um *formato* para estudos de caso está proposto neste anexo. O *formato* é importante porque ele sistematiza a coleta de informações. Ele também serve como uma lista de verificação de diversos aspectos envolvidos no planejamento, implementação e avaliação de um sistema de controle, desde o processo de tomada de decisão, passando à percepção e participação dos trabalhadores até às questões técnicas e de custo benefício.

Dois *exemplos de estudo de caso* também estão sendo apresentados neste Anexo. (Esses exemplos foram preparados antes da formulação deste Anexo e, portanto, eles não seguem o formato proposto). O objetivo é desencadear a preparação de tais estudos de caso a serem reunidos e eventualmente disseminados pela OMS, atribuindo devidamente os créditos, em uma série futura de livretos. São bem-vindas particularmente as soluções não consideradas suficientemente "sofisticadas" para serem publicadas na literatura especializada, mas eficientes.

Espera-se que este Anexo possa encorajar higienistas ocupacionais engenhosos e dedicados, em diferentes partes do mundo, que muitas vezes projetam soluções simples de baixo custo para o controle da poeira e nem sempre obtêm o reconhecimento merecido. Sempre que o impacto ambiental for importante, que freqüentemente é o caso, os exemplos preparados também podem ser propostos ao banco de dados de produção mais limpa do PNUMA [*UNEP Cleaner Production Data Base*].

IV.2 Formato padrão recomendado para estudos de caso

A. Características do local de trabalho:

A.1 Nome e endereço (opcional).

A.2 Tipo: (e.g., fundição, embalagem de pesticidas, fabricação de borracha e construção).

A.3 Produtos:

A.4 Número de trabalhadores.

B. Operação: (e.g., desmoldagem, limpeza de molde, enchimento de sacos, serração).

B.1 Descrição:

B.2 Características da fonte.

B.2.1 Fonte de poeira:

B.2.2 Mecanismos de produção e/ou disseminação da poeira: fracionamento de grandes peças; queda de poeira e correntes de ar; práticas de trabalho inadequadas, etc.

C. Descrição das medidas de controle adotadas, por categoria:

Por exemplo:

- *mudança no processo para alcançar o mesmo resultado através de outros meios*: e.g., aquisição de material no tamanho desejado para evitar serração no local de trabalho.
- *práticas de trabalho*: veja a Seção 3.1 para um exemplo.
- *ventilação*: e.g. estação de trabalho semi-enclausurada com ventilação local exaustora (fluxo descendente).
- *métodos úmidos*:

E assim por diante.

D. Implementação das medidas:

D.1. Processo de tomada de decisão:

Ação desencadeada por: (por exemplo) queixas de trabalhadores, relatórios médicos, inspeção.

Equipe envolvida:

Estabelecimento de prioridades:

D.2 Principais dificuldades encontradas.

Custo:

Especialistas com conhecimento [*know-how*] em controle de poeira:

Disponibilidade do equipamento de controle:

E. Avaliação da eficiência das medidas:

E.1 Avaliações ambientais (medições).

Antes:

Depois: na instalação e, posteriormente, e.g. seis meses após. (A sustentabilidade de um programa é importante, mas isso é raro de ser encontrado). Tais medições deveria ser conduzidas no mesmo ponto, com a mesma instrumentação e o mesmo procedimento.

E.2 Percepção dos trabalhadores:

Embora muito subjetivas, investigações da percepção dos trabalhadores sobre as melhorias podem fornecer *insight* sobre a estratégia de controle.

E.3 Retro-aliamentação [feed-back] do Serviço Médico e Pessoal:

Efeitos sobre as condições de saúde;

Efeitos sobre o absenteísmo.

F. Análise custo-benefício:

Número de trabalhadores protegidos;

Investimentos iniciais;

Custos operacionais;

Economia em matéria prima, materiais recuperados, etc.;

Diminuição dos gastos com saúde;

Diminuição dos custos ambientais;

Efeitos visíveis sobre a produtividade.

IV.3 Exemplos de estudos de caso

IV.3.1 Exemplo da literatura

Esse é um exemplo proveniente de uma publicação do *British Occupational Hygiene Society (BOHS, 1996)* de um resumo de estudo de caso com o propósito de fornecer idéias para as pessoas com problemas similares.

Matenha-o simples (BOHS, 1996):

Nunca é demais enfatizar a importância de considerar cada estágio do processo executado no local de trabalho. Mesmo se você pensa que a tarefa está concluída e o pó retirado, pode existir fatores de risco que necessitam ser tratados.

O PROBLEMA

Um produtor de cerâmica mantém sua poeira sob controle satisfatório durante o processo efetivo de produção, mas o problema surgiu durante a disposição de sacos vazios, que continha matéria prima nociva. Esses sacos eram jogados sobre o chão, e os operadores pisavam neles, depois enrolava e jogava fora. E o resultado: nuvens de poeira se elevavam no ar, afetando os operadores e recobrindo toda a área de trabalho, que no final das contas, teria que ser limpa.

A SOLUÇÃO

Desde que os depósitos alimentadores onde a poeira era misturada já dispunham de sistemas de extração adequados, a empresa adaptou uma coifa prendendo um saco de polieti-

leno a uma abertura flangeada. Os sacos de poeira vazios eram então dobrados acima do depósito alimentador e empurrados através da abertura, diretamente no saco de polietileno.

O CUSTO

Insignificante! Tudo o que este método exigiu foi fazer uma abertura na cobertura existente e comprar um suprimento de sacos de polietileno. Nada poderia ser mais simples!

OS BENEFÍCIOS

A poeira não é mais liberada, portanto, não representa mais riscos à saúde dos operadores, nem mesmo, suja o ambiente de trabalho. Uma solução simples para o problema significa que não há necessidade de providenciar ventilação exaustora especial.

Um ambiente livre de poeira significa uma força de trabalho mais satisfeita e produtiva, e a um custo insignificante!

IV.3.2 Controle de poeira para uma pequena mina de tungstênio

IV.3.2 1 Introdução

Em mineração de tungstênio, grandes quantidades de poeira são geradas no processo de perfuração de túnel escalonada, detonação e operações de retirada da rocha. O conteúdo de sílica da poeira pode estar acima de 70%.

Na mina aqui estudada como um exemplo, a produção aumentou rapidamente no passado, especialmente nos anos 1956-1958, devido à introdução de perfuratrizes pneumáticas a seco e mecanização para substituir os antigos métodos manuais. Entretanto, devido à falta das medidas de controle necessárias, as concentrações de poeira nos locais de trabalho eram da ordem de centena de mg/m³, o que resultou em um desastroso aumento na taxa de silicose entre os trabalhadores (a prevalência de silicose na mina de tungstênio estava acima de 50% em 1956).

Muitos anos mais tarde a maioria dos trabalhadores envolvidos morreram. Desastres desse tipo chamaram a atenção do governo, dos administradores de minas, dos trabalhadores e das instituições responsáveis pela segurança e saúde no trabalho para cooperar na investigação de métodos efetivos para controlar a poeira em minas. Medidas gerais ou amplas para controlar a poeira foram implementadas em cada mina em 1958.

Este é o caso de uma pequena mina de tungstênio onde medidas de controle abrangentes foram aplicadas com boa gestão desde 1959, tal qual está descrito abaixo. As concentrações de poeira nos locais de trabalho diminuíram de várias centenas de mg/m³ originais para cerca de 2 mg/m³ (que é o padrão higiênico para poeira contendo sílica no local de trabalho[16]).

[16] O autor deve estar se referindo ao padrão legal no país onde está localizada a mina pois o padrão proposto pela ACGIH para o limite de

Mais de 80% das concentrações de poeira nos locais de trabalho estavam abaixo de 2 mg/m³. Após 1960, não se registrou novos casos de silicose entre os novos trabalhadores que executavam tarefas poeirentas.

IV.3.2 2 Medidas de controle

Na perfuração

No processo de perfuração de túnel escalonada, a perfuração a úmido foi adotada, incluindo o seguinte:

- A parede rochosa era lavada com um jato de água (ou *spray*) de forma mais completa possível, para remover a poeira que sedimentou sobre as paredes durante a detonação (Figura IV-2[17]).
- Perfuratrizes pneumáticas do tipo úmido foram usadas ao invés de perfuratrizes pneumáticas a seco. Muito menos poeira era produzida durante a perfuração da rocha quando água era aplicada através do furo da haste de perfuração até a broca, de tal forma que o ponto de produção de poeira estava constantemente inundado de água. No estágio inicial, as perfuratrizes a seco eram convertidas a úmidas pela oficina de máquinas da própria mina – que algumas vezes produziam resultados incertos. Atualmente existem no mercado diferentes tipos de perfuratrizes a úmido bem projetadas e que estão equipadas com válvulas de bloqueio ar-água para assegurar que, durante a operação, a água seja aplicada em primeiro lugar através do orifício da haste de perfuração até à broca – com a pressão da água mantida a 0,1～0,2 Mpa, abaixo da pressão de ar comprimido usada na prática.

Na detonação

Para confinar e minimizar a poeira produzida no processo de detonação, as seguintes medidas foram adotadas:

- Um saco de água de tamponamento foi adicionado entre o explosivo e a areia de tamponamento no buraco de perfuração (Figura IV-2 e Figura IV-3).
- Existiam instalações de *spray* de água, compostas de vários bocais, a 10-30 m da superfície de trabalho; estes podiam produzir cortinas de spray de água (Figura IV-4) durante a detonação. Os *sprays* eram controlados manualmente ou automaticamente, e mantidos por até 15～30 minutos após a detonação.
- O ar repleto de poeira podia ser removido imediatamente após a detonação por um sistema de ventilação local exaustora, conforme está mencionado abaixo.
- Após a detonação, a parede da rocha era lavada, como já foi mencionado acima.

exposição ocupacional – TLV-TWA para jornadas de 8 horas diárias e 40 horas semanais – é de 0,05 mg de SiO_2/m^3, isto é, muitas vezes menor que o relatado. (Nota do tradutor).

[17] A figuras estão colocadas no final deste Anexo.

Nas operações de retirada da rocha

Neste processo a rocha desmontada ou minério era carregada em vagões ou vagonetas para remoção, ou eram transferidas para transportadores por meio de um deslocador de rochas ou outros meios mecânicos. As medidas implementadas incluíram as seguintes:

Uso abundante de água. Esta era a principal medida de controle da poeira neste processo, mas a molhagem incompleta limitava a eficiência. Assim que a rocha era manuseada, novas superfícies não molhadas se formavam constantemente e a poeira seca escapava. Era necessário a aplicação contínua de água à pilha de rochas retiradas.

Equipagem do deslocador de rochas com bocais de spray, os quais podiam borrifar água durante as operações de escavação e carregamento por meio de uma válvula controlada automaticamente.

Ventilação geral diluidora, a qual era aplicada para tratar da poeira residual ainda suspensa no ar apesar do sistema de ventilação local exaustora.

Comentários sobre ventilação

Os métodos específicos descritos acima eram efetivos na redução do empoeiramento, mas raramente conseguiam controle completo. Ventilação era necessária para tratar da poeira residual. Assim como a ventilação geral de mina, sistemas de ventilação local podiam ser usados, constituído por um ventilador axial e tubulação conectora, incluindo lavador de gases, se necessário. Os lavadores de gases tinham eficiências de 80-95%. Geralmente estavam disponíveis três arranjos e o mais apropriado podia ser selecionado de acordo com as exigências.

Tipo insuflador (Figura IV-5) – Ar fresco era tirado do túnel principal por um ventilador, transportado pelo sistema de dutos (feito de borracha, aço ou plástico reforçado), e insuflado em um ponto cerca de 10 m da face de trabalho. A velocidade do ar no lugar de trabalho não podia ser inferior a 0,25 m/s. Se a qualidade do ar no túnel principal não era suficientemente boa, um lavador de gases era adicionado antes do ventilador.

Tipo exaustor. (Figura IV-6) – O ar contaminado proveniente do lugar de trabalho era tirado através de uma tubulação exaustora, localizada cerca de 5 m da face de trabalho, e descarregado no túnel de ar de retorno em um ponto cerca de 10 m a jusante da face de trabalho. Se a descarga do ar exaurido pudesse poluir outra fonte de entrada de ar, o ar exaurido tinha que ser tratado por um lavador de gases antes da descarga.

Tipo combinado (Figura IV-7) – Sempre que a distância da face de trabalho era maior que 200 m, um tipo combinado era necessário. O arranjo de tubulação insufladora e da tubulação exaustora do sistema de ventilação local exaustora combinado é mostrado na Figura IV-7.

IV.3.2 3 Efetividade de medidas de controle simples e gerais ou amplas

A efetividade de medidas de controles simples e abrangentes estão mostradas respectivamente nas Tabelas IV-1 e IV-2.

IV.3.2 4 Medidas complementares

Respiradores: Os trabalhadores mantinham o uso de respiradores para poeiras durante as horas de trabalho; isso era útil e mais seguro especialmente quando existiam pontos fracos nas medidas de controle da poeira que os trabalhadores não estavam cientes.

Supervisão: As concentrações de poeira nos lugares de trabalho eram periodicamente testadas pelo departamento de saúde e segurança, para detectar quaisquer falhas ou pontos fracos no controle da poeira.

Educação em Saúde: Educação em saúde para gerentes e trabalhadores foi muito importante, tanto é, que eles se tornaram conscientes dos efeitos severos da exposição à poeira e conseqüentemente implementaram ou colaboraram com as medidas de controle da poeira.

Tabela IV-1 – Exemplos de medidas de controle de poeira simples

Processo	*Medida de c ontrole da poeira*	*Concentração da poeira antes da medida de controle (mg/m³)*	*Concentração da poeira depois da medida de controle (mg/m³)*	*Eficiência %*
Perfuração da rocha.	Uso de perfuração a úmido.	368	3,6	99
Detonação.	Spray de água e ventilação.	122	5,2	96
Retirada da rocha.	Molhagem com água forma perfeita e adequada.	66	4,9	92
Limpeza da parede do túnel.	Lavagem com água abundante perfeita.	11	1,5	87
Purificação do ar proveniente do túnel principal.	Usa de lavadores de gases.	6	1,1	81

Tabela IV-2 – Efetividade de medidas de controle gerais ou amplas

Processo	*Medidas de controle da poeira*	*Concentração da poeira após aplicação das medidas de controle (mg/m³)*	*Observações*
Perfuração da rocha.	Perfuratrizes pneumáticas a úmido.	1,5 (média de 12 amostras).	2 perfuratrizes trabalhando simultaneamente.
Perfuração da rocha.	Lavagem perfeita da parede com água abundante.		

Processo	*Medidas de controle da poeira*	*Concentração da poeira após aplicação das medidas de controle (mg/m³)*	*Observações*
Perfuração da rocha.	Ventilação com ventilador local tipo insuflador.		Velocidade do ar na área de trabalho 0,35-0,54 m/s.
Retirada da rocha.	Molhagem da pilha de rocha retirada de forma perfeita e contínua.	1,5 (média de 8 amostras).	
Retirada da rocha.	Lavagem perfeita da parede com água abundante.		
Retirada da rocha.	Aplicação de ventilação com ventilador local tipo insuflador.		Velocidade do ar na área de trabalho 0,35-0,54 m/s.

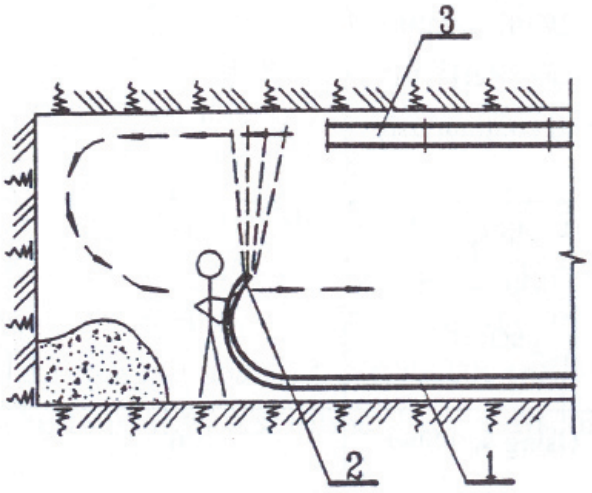


Figura IV-1 – Limpeza da parede com jato de água:
1. Tubulação de água 2. Bocal de jato do tipo achatado 3. Tubulação da ventilação.

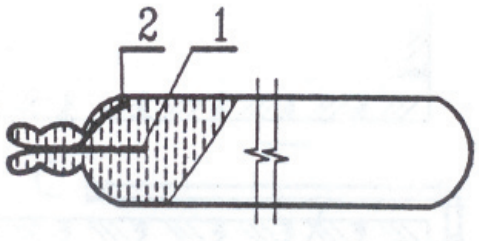


Figura IV-2 Estrutura do saco de água:
1. Posição ***antes*** de ser cheio com água; 2. ***depois.***

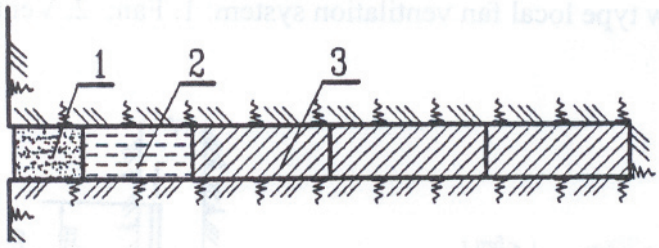


Figura IV-3 – Saco de água no buraco de perfuração:
1. Areia de tamponação; 2. Saco de água; 3. Explosivo.

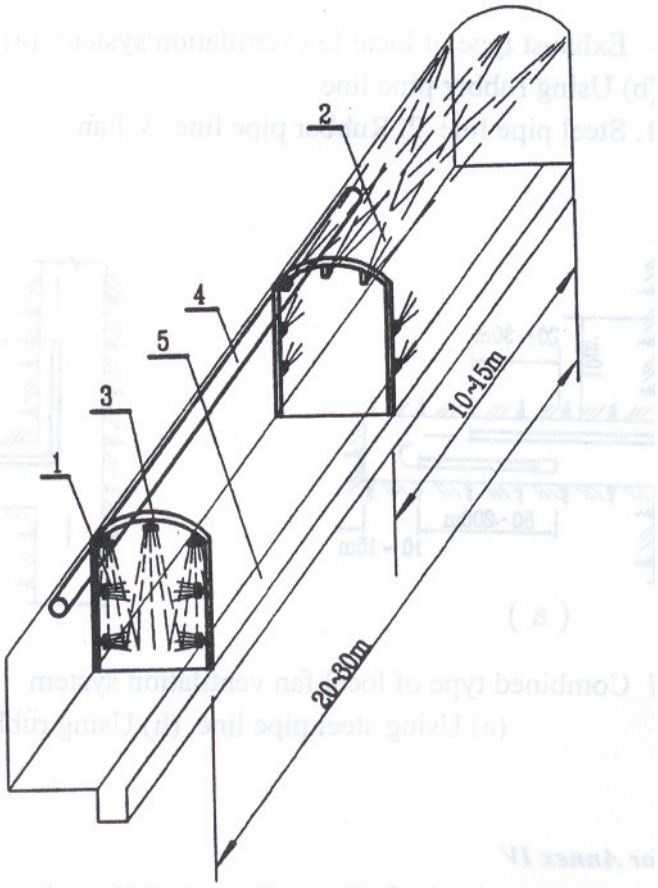


Figura IV-4 Cortina de spray de água para detonação:
1. Cortina de spray de água; 2. Cortina de spray de água à frente; 3. Tubulação de água;
4. Tubulação da ventilação exaustora; 5. Valeta para água residuária.

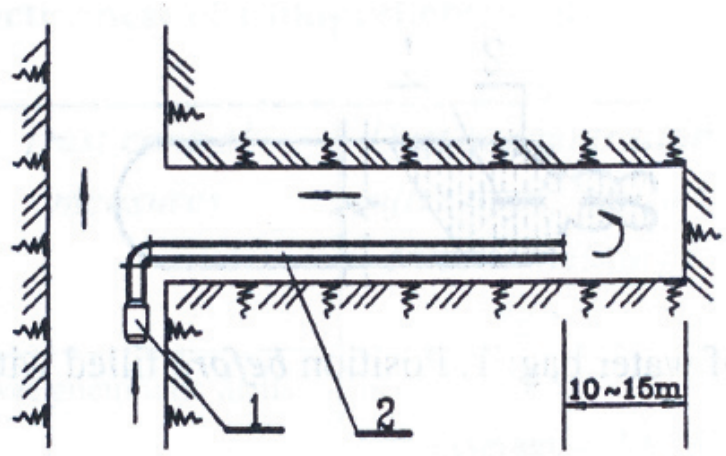


Figura IV-5 Sistema de ventilação com ventilador local tipo insuflador
1. Ventilador; 2. Tubulação da ventilação.

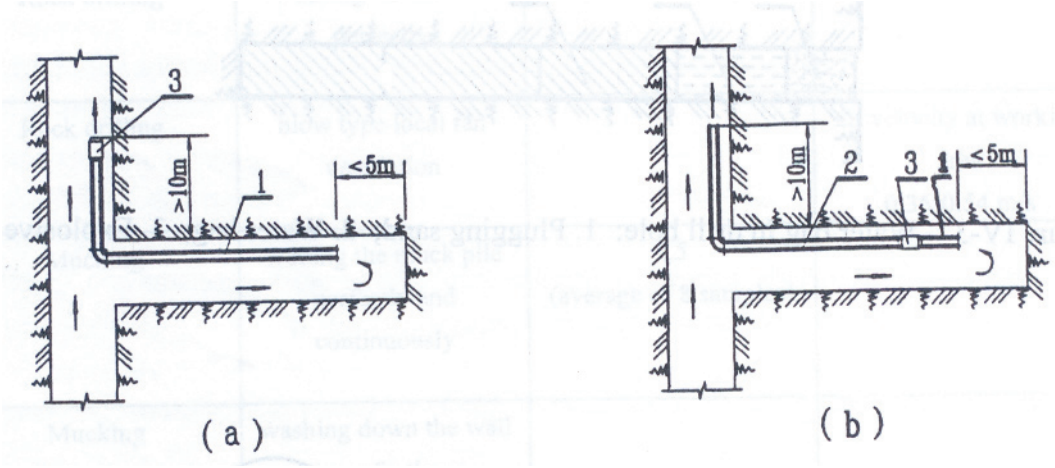


Figura IV-6 Sistema de ventilação com ventilador local do tipo exaustor:

(a) Uso tubulação de aço (b) Uso de tubulação de borracha

1. Tubulação de aço 2. Tubulação de borracha 3. Ventilador.

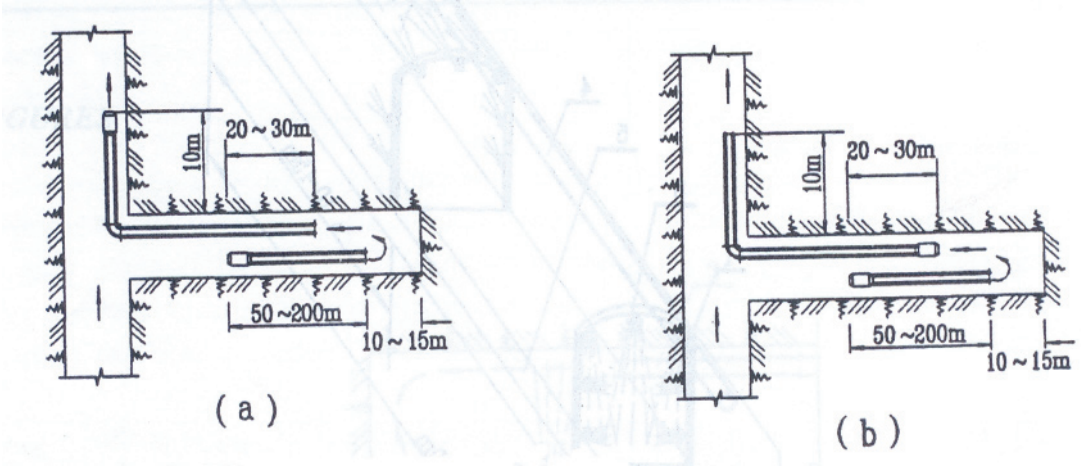


Figura IV-7 Sistema de ventilação com ventilador local do tipo combinado.

(a) Uso de tubulação de aço (b) Uso de tubulação de borracha.

Referências para o Anexo IV

BOHS (1996) *The Manager's Guide to Control of Hazardous Substances, with 21 Case Studies*, General Guide nº 1, British Occupational Hygiene Society, Derby DE1 1LT, UK.